

**PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN *ONLINE*
UNTUK PRAKTIK TEKNIK DIGITAL
DI PERGURUAN TINGGI**



Oleh:

MUCHLAS
NIM. 07702261008

**Disertasi ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan
untuk mendapatkan gelar Doktor Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2013**

ABSTRAK

MUCHLAS: *Pengembangan Model Pembelajaran Online untuk Praktik Teknik Digital di Perguruan Tinggi.* **Disertasi. Yogyakarta: Program Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta, 2013.**

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan model pembelajaran praktik *online* teknik digital dan perangkat-perangkat pendukungnya, dan mengetahui kelayakan dan efek pembelajaran dari model yang dikembangkan, sehingga dapat digunakan oleh para dosen di Program Studi Teknik Elektro dan program studi serumpunnya sebagai alternatif penyelenggaraan kegiatan praktik yang fleksibel dengan biaya rendah.

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahap-tahap pengembangan yakni studi pendahuluan, perencanaan, pengembangan produk awal, ujicoba awal, revisi produk utama, ujicoba lapangan, revisi produk akhir, serta diseminasi dan implementasi produk. Validasi produk dilakukan oleh ahli pembelajaran multimedia, ahli bidang studi teknik digital, ahli *e-learning* dan ahli desain instruksional. Untuk memperoleh konsensus para ahli terhadap validitas model hipotetik yang dikembangkan, digunakan teknik Delphi yakni penyimpulan hasil berdasarkan konsensus para ahli. Konsensus para ahli mencakup aspek-aspek (1) identifikasi masalah melalui analisis kebutuhan, (2) penentuan prioritas, dalam hal ini jenis dan pembuatan produk, (3) penentuan tujuan program, dan (4) penentuan solusi untuk menyelesaikan masalah. Tahap berikutnya adalah mengujicobakannya pada 10 orang instruktur dan 25 orang mahasiswa dari Program Studi Teknik Elektro. Uji coba ini digunakan untuk mengetahui dampak pembelajaran praktik dan persepsi subjek terhadap penerapan produk dalam suatu kegiatan praktik. Penyimpulan hasil konsensus validitas para ahli dan persepsi subjek pada penelitian ini dianalisis dengan metode persentase, sedangkan penentuan dampak pembelajaran dengan uji beda rata-rata nilai subjek.

Penelitian ini telah menghasilkan model pembelajaran *online* untuk praktik teknik digital beserta perangkat pendukungnya yang layak diimplementasikan untuk mendukung kegiatan praktik yang fleksibel dengan biaya rendah di perguruan tinggi. Perangkat pembelajaran yang dihasilkan adalah *Portal Laboratorium Virtual* dengan alamat akses <http://elab.uad.ac.id>, *Panduan Model Pembelajaran Praktik Online*, *Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital*, *Buku Ajar Teknik Digital*, *Panduan Pengoperasian Simulator Breadboard*, *Panduan Praktik Online untuk Dosen/Instruktur/Mahasiswa*, dan *Panduan Praktik Teknik Digital* dengan metode inkuiri terbimbing. Melalui penelitian ini juga telah dapat dibuktikan bahwa produk yang dikembangkan memberikan dampak pembelajaran yang positif, yaitu dapat menaikkan tingkat pencapaian belajar mahasiswa secara signifikan. Produk juga memperoleh persepsi yang positif dari subjek terkait dengan aspek instruksional dan aspek tampilan produk.

Kata kunci: pengembangan, model, pembelajaran *online*

ABSTRACT

MUCHLAS: *Developing an Online Teaching Model for a Digital Technique Practicum in Higher Education. Dissertation. Yogyakarta: Graduate School, Yogyakarta State University, 2013.*

This research is aimed to produce an online teaching model for digital technique and its supporting instrument, and to determine the feasibility and the learning impact of the developed model, so that it can be used to assist the lecturers of Electrical Engineering Department and other related departments in conducting flexible and low cost practicum.

This research was conducted through development steps consisting of preliminary study, planning, preliminary product development, preliminary test, main product revision, field test, final product revision and product dissemination. The product was tested by some experts of learning multimedia, digital engineering, e-learning and instructional design. To find out the validity of the developed hypothetical model, a Delphi technique was used based on the consensus accepted by the experts. The consensus included the aspects of (1) identification of the problem through a needs analysis, (2) determination of priority (type and products manufacture), (3) determination of program objectives, and (4) determination of the problem solution. The next step was tryout of the model to 10 instructors and 25 students of the Electrical Engineering Department. This test was used to determine the learning impact and the subjects' perception of the implementation of the products in a practical activity. The final consensus of the validity obtained from the experts and the perception of the subjects of the research was analyzed using the percentage method. Meanwhile, the determination of learning impact was done using the different average scores of the subjects.

This research has developed an online teaching model and its supporting resources for digital technique practicum. This result could be implemented with more flexible and low cost to support the practicum in higher education. The learning resources obtained are the *Virtual Laboratory Portal* (<http://elab.uad.ac.id>), *A Manual for an Online Learning Model for Practicum*, *Lessons Plan for Digital Technique*, *Digital Technique Textbook*, *A Manual for Breadboard Simulator*, *A Manual for Online Practicum for Lecturers/Instructors/Students*, and *A Manual for Digital Technique Practicum* with the guided inquiry method. This research has also proven that the developed product has a positive impact on learning, i.e. it can improve the students' learning achievement significantly. The products also get good perception from the subjects in relation to the instructional and performance aspects.

Keywords: *developing, model, online teaching*

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN *ONLINE*
UNTUK PRAKTIK TEKNIK DIGITAL
DI PERGURUAN TINGGI**

MUCHLAS
NIM. 07702261008

Dipertahankan di depan Panitia Penguji Disertasi
Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta
Tanggal: 4 Mei 2013

DEWAN PENGUJI

Prof. Dr. Zuhdan Kun Prasetyo
(Ketua/Penguji)


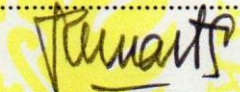

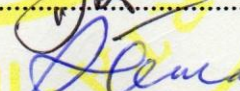
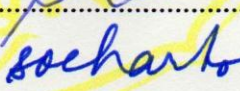
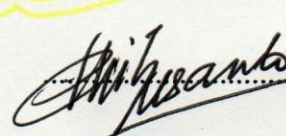
Prof. Soenarto, Ph. D.
(Sekretaris/Penguji)

Prof. Sarbiran, Ph. D.
(Promotor I/Penguji)

Herman Dwi Surjono, Ph. D.
(Promotor II/Penguji)

Soeharto, Ed. D.
(Penguji)

Prof. Adhi Susanto, Ph. D.
(Penguji)


.....
11/5-2013

.....
6/5 2013

.....
4/5 2013

.....
8/5 2013

.....

.....
07/05/13

Yogyakarta, 31 MAY 2013

Program Pascasarjana
Universitas Negeri Yogyakarta
Direktur,



Prof. Dr. Zuhdan Kun Prasetyo
NIP. 19550415 198502 1001

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Alloh subhanahu wa ta'ala atas limpahan rahmat, taufiq dan hidayahnya sehingga penulisan disertasi ini dapat diselesaikan dengan baik. Tujuan disertasi ini adalah menghasilkan model pembelajaran *online* untuk praktik Teknik Digital dan perangkat-perangkat pendukungnya yang dapat digunakan dalam membantu para dosen di lingkungan program studi Teknik Elektro dan program studi-program studi serumpunnya agar dapat menyelenggarakan kegiatan praktik secara fleksibel dan berbiaya rendah.

Penyelesaian disertasi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, dan melalui kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Sarbiran, Ph.D. dan bapak Herman Dwi Surjono, Ph. D. selaku promotor yang telah memberikan arahan dan bimbingan intensif sehingga disertasi ini dapat terwujud.
2. Rektor Universitas Ahmad Dahlan dan Koordinator Kopertis Wilayah V Yogyakarta yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi S-3 pada Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, yang telah memberikan bantuan dana studi lanjut melalui beasiswa pendidikan pascasarjana (BPPS).
4. Direktur Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta beserta staf administrasi, atas segala kebijaksanaan, perhatian, dan bantuan yang diberikan sehingga disertasi ini dapat selesai.
5. Bapak Prof. Soenarto, Ph. D, bapak Prof. Parjono, Ph. D., bapak Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph. D., bapak Prof. Dr. Herminarto Sofyan, bapak Soeharto, Ed. D., dan bapak Dr. Eko Marpanaji, yang telah memberikan *review* dan saran-saran perbaikan terhadap disertasi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Abdul Gafur D., M. Sc. sebagai ahli multimedia pembelajaran dari Universitas Negeri Yogyakarta, Bapak Muhammad Arrofiq, M.T, Ph.D. sebagai ahli bidang studi Teknik Digital dari Universitas Gadjah Mada, Ibu Dr. Sri Kusumadewi, M.T. selaku ahli pembelajaran *E-Learning* dari Universitas Islam Indonesia, dan Bapak Dr. Dwi Sulisworo, ahli desain instruksional dari Universitas Ahmad Dahlan, yang telah memberikan penilaian pada uji validitas produk yang dikembangkan, sehingga memperlancar penyelesaian disertasi ini.

7. Bapak Dr. Chris Bailey dari Jurusan Ilmu Komputer Universitas *York* Inggris yang telah memberikan referensi dan mengizinkan penggunaan simulator *breadboard* ciptaannya dalam penelitian ini.
8. Para dosen program studi Teknik Elektro dan program studi-program studi serumpun se Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta yang telah berpartisipasi dalam diseminasi produk disertasi ini.
9. Ketua Program Studi Teknik Elektro dan Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan yang telah memberikan dorongan terus-menerus sehingga disertasi ini dapat terwujud.
10. Kepala Biro Sistem Informasi dan Komunikasi Universitas Ahmad Dahlan dan seluruh staf khususnya Bapak Wahyu Prio Wicaksono, S. Kom. yang telah membantu menyediakan server dan *setting* portal Laboratorium Virtual sehingga memperlancar penelitian disertasi ini.
11. Kepala Laboratorium Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan beserta staf khususnya bapak Sukma Aji, S.T. dan para mahasiswa peserta mata kuliah Teknik Digital yang telah membantu pelaksanaan uji coba lapangan dari produk yang dikembangkan.
12. Segenap teman-teman mahasiswa dan alumni Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan S3 Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta, yang dengan penuh persaudaraan dan keakraban telah memberikan motivasi sehingga disertasi ini dapat diselesaikan.

Akhirnya, rasa terimakasih yang sangat pribadi disampaikan kepada istri tercinta Istianah, dan anak-anak Asad Fatchul'ilmi, Muhammad Faris Saeful'ilmi dan Hasna Uzzakiyah yang dengan penuh pengertian dan pengorbanan telah memberikan dorongan dan perhatian selama penulis menyelesaikan studi S3 ini.

Semoga semua bantuan yang telah diberikan tersebut mendapatkan imbalan pahala yang berlipat ganda dari Allah subhanahu wa ta'ala. Harapan terakhir semoga disertasi ini dapat bermanfaat sesuai dengan fungsinya.

Yogyakarta, 22 Maret 2013

Muchlas
NIM. 07702261008

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Muchlas
Nomor Mahasiswa : 07702261008
Program Studi : Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Lembaga Asal : Universitas Ahmad Dahlan

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya dalam disertasi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 22 Maret 2013
Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop at the top and several horizontal strokes below it, ending in a long horizontal line.

Muchlas
NIM. 07702261008

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN KEASLIAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	16
C. Pembatasan Masalah	18
D. Rumusan Masalah	19
E. Tujuan Pengembangan	19
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	20
G. Manfaat Pengembangan	23
H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan	24
 BAB II LANDASAN TEORI	 28
A. Kajian Teori	28
1. Pendidikan Tinggi	28
2. Pendidikan Tinggi Teknik	36
a. Tujuan Pendidikan Tinggi Teknik	38
b. Karakteristik Pendidikan Tinggi Teknik	40
c. Program Studi Teknik Elektro	44
d. Kurikulum Program Studi Teknik Elektro	47
e. Mata Kuliah Teknik Digital	54
3. Konsep Kegiatan Praktik	56
a. Tujuan Kegiatan Praktik	57
b. Metode Kegiatan Praktik	61
c. Jenis-jenis Tugas Kegiatan Praktik	72

d. Evaluasi Kegiatan Praktik	76
e. Standar Minimum Peralatan Praktik Teknik Digital pada Program Studi Teknik Elektro	77
f. Jenis Laboratorium	79
4. Konsep Simulator	84
a. Definisi Simulator	84
b. Jenis Simulasi	85
c. Kegunaan dan Keuntungan Simulasi	87
d. Faktor-faktor Simulasi	88
5. Konsep <i>E-Learning</i>	91
a. Definisi <i>E-Learning</i>	92
b. Klasifikasi <i>E-Learning</i>	93
c. Kelengkapan <i>E-Learning</i>	98
d. Strategi <i>E-Learning</i>	99
e. Implementasi <i>E-Learning</i>	104
6. Pembelajaran <i>Blended</i>	105
a. Definisi Pembelajaran <i>Blended</i>	106
b. Alasan Pemilihan Pembelajaran <i>Blended</i>	106
c. Level Pembelajaran <i>Blended</i>	108
d. Kategori Pembelajaran <i>Blended</i>	110
7. Internet Sebagai Basis Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	111
a. Definisi Internet	111
b. Aplikasi <i>World Wide Web</i> Pada Jaringan Internet	113
c. Kegunaan <i>Web</i> Bagi Pendidikan	117
8. Landasan Filosofi Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	125
a. Filosofi Pendidikan Kontemporer	125
b. Model Pengajaran Kontemporer	129
c. Teori Belajar Konstruktivisme	131
d. Matriks Filosofi Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	142
9. Model Pengembangan Produk Pendidikan	144
B. Kajian Penelitian yang Relevan	147
C. Kerangka Pikir Pengembangan	154
D. Pertanyaan Penelitian	163

BAB III METODE PENELITIAN	165
A. Model Pengembangan	165
B. Prosedur Pengembangan	165
C. Uji Coba Produk	169
1. Desain Uji Coba	169
2. Subjek Uji Coba	170
3. Jenis Data	172
4. Instrumen Pengumpul Data	172
a. Instrumen Uji Ahli Terhadap Validitas Produk	173
b. Instrumen Uji Efek Pembelajaran	176
c. Instrumen Uji Persepsi Subjek Terhadap Produk	177
5. Teknik Analisis Data	178
a. Analisis Validitas Produk	178
b. Analisis Dampak Pembelajaran	181
c. Analisis Persepsi Subjek Terhadap Pembelajaran	181
BAB IV HASIL PENELITIAN	183
A. Model dan Perangkat Pendukung Produk	183
B. Data Uji Coba	184
1. Data Validitas Produk	184
a. Data Validitas Model	184
b. Data Validitas Perangkat Pendukung Model	185
2. Data Uji Coba Lapangan	194
a. Data Pengujian Dampak Pembelajaran	194
b. Data Pengujian Persepsi Subjek Terhadap Produk	194
C. Analisis Data	196
1. Analisis Validitas Model	196
2. Analisis Validitas Perangkat Pendukung Model	203
a. Analisis Validitas SAP	203
b. Analisis Validitas Buku Ajar Teknik Digital	207
c. Analisis Validitas Panduan Simulator dan Panduan Praktik Online	212
d. Analisis Validitas Panduan Praktik Teknik Digital	216

D. Revisi Produk	218
E. Kajian Produk Akhir	225
1. Analisis Dampak Pembelajaran	225
2. Analisis Persepsi Terhadap Produk	228
3. Revisi Produk Akhir	235
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	238
A. Simpulan Tentang Produk	238
B. Keterbatasan Penelitian	241
C. Saran Pemanfaatan, Diseminasi, dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut	243
DAFTAR PUSTAKA	246

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Hasil Studi Referensi dan Studi Pendahuluan Terhadap Pengembangan Pembelajaran Praktik Menggunakan Simulator	15
Tabel 2.	Tujuan Konsentrasi di Lingkungan Program Studi Teknik Elektro Jenjang Program Strata Satu	46
Tabel 3.	Materi Kuliah Teknik Digital Pada Program Studi Teknik Elektro	55
Tabel 4.	Tujuan Penyelenggaraan Kegiatan Praktik Versi Ma & Nickerson	59
Tabel 5.	Tujuan Penyelenggaraan Kegiatan Praktik Versi Pendidik Teknik	60
Tabel 6.	Peran Dosen dan Mahasiswa Dalam Kegiatan Praktik	67
Tabel 7.	Level Eksperimen Pada Kegiatan Praktik	68
Tabel 8.	Karakteristik Aktivitas Praktik	69
Tabel 9.	Dimensi Tugas Kegiatan Praktik: Tujuan Pembelajaran	73
Tabel 10.	Dimensi Tugas Kegiatan Praktik: Rancangan Tugas	74
Tabel 11.	Jenis Kegiatan Praktik Berdasarkan Standar Minimum Laboratorium di Lingkungan Program Studi Teknik Elektro	78
Tabel 12.	Persyaratan Minimum Peralatan Untuk Praktik Teknik Digital .	79
Tabel 13.	Perbedaan Jenis Laboratorium Atas Dasar Dukungannya Terhadap Tujuan Pendidikan	82
Tabel 14.	Kelebihan dan Kelemahan Jenis-jenis Laboratorium	83
Tabel 15.	Atribut Instruksi dan Informasi	100
Tabel 16.	Keuntungan dan Tantangan Berbagai Lingkungan Belajar	101
Tabel 17.	Keuntungan dan Tantangan <i>E-Learning</i> Secara Sinkron dan Asinkron	102
Tabel 17a.	Matriks Landasan Filosofi Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	143
Tabel 18.	Deskripsi Langkah Model Pengembangan ADDIE	145
Tabel 19.	Tahap-tahap Prosedur Pengembangan Produk	146
Tabel 20.	Kerangka Berpikir Pengembangan Produk.....	162
Tabel 21.	Metode Pengembangan Model Pembelajaran <i>Online</i> Untuk Praktik Teknik Digital Dengan Pendekatan Kolaborasi ..	167

Tabel 22.	Daftar Subjek Uji Ahli Untuk Validasi Produk	171
Tabel 23.	Komponen/Aspek Uji Validasi Model Hipotetik dari Ahli	173
Tabel 24.	Komponen/Aspek Uji Validasi SAP dari Ahli	174
Tabel 25.	Komponen/Aspek Uji Validasi Buku Ajar dari Ahli	174
Tabel 26.	Komponen/Aspek Uji Validasi Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> dan Panduan Penggunaan Simulator dari Ahli	175
Tabel 27.	Komponen/Aspek Uji Validasi Panduan Praktik Teknik Digital Dari Ahli	175
Tabel 28.	Kisi-kisi Soal <i>Pre-test/Post-test</i> Ranah Kognitif	176
Tabel 29.	Komponen Persepsi Dalam Aspek Instruksional	177
Tabel 30.	Komponen Persepsi Dalam Aspek Tampilan Produk	178
Tabel 31.	Makna Skor Komponen Validitas Produk	179
Tabel 32.	Kriteria Kelayakan Produk	180
Tabel 33.	Makna Skor Setiap Butir Pada Angket Persepsi Subjek Terhadap Produk	182
Tabel 34.	Kriteria Tingkat Persepsi Subjek Terhadap Produk	182
Tabel 35.	Produk Model Pembelajaran <i>Online</i> Untuk Praktik Teknik Digital Dengan Pendekatan Kolaborasi ..	183
Tabel 36.	Data Kuantitatif Konsensus Para Ahli Terhadap Validitas Model	184
Tabel 37.	Data Kualitatif Konsensus Para Ahli Terhadap Validitas Model.	185
Tabel 38.	Data Kuantitatif Validasi SAP Dari Para Ahli	186
Tabel 39.	Data Kualitatif Validasi SAP Dari Para Ahli	186
Tabel 40.	Data Kuantitatif Validasi Buku Ajar Dari Para Ahli	187
Tabel 41.	Data Kualitatif Validasi Buku Ajar Teknik Digital Dari Para Ahli	188
Tabel 42.	Data Kuantitatif Validasi Panduan Simulator <i>Breadboard</i> Dari Para Ahli	189
Tabel 43.	Data Kualitatif Validasi Panduan Simulator Dari Para Ahli	189
Tabel 44.	Data Kuantitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen Dari Para Ahli	190
Tabel 45.	Data Kualitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen Dari Para Ahli	190
Tabel 46.	Data Kuantitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Instruktur Dari Para Ahli	191

Tabel 47.	Data Kualitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Instruktur Dari Para Ahli	191
Tabel 48.	Data Kuantitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Mahasiswa Dari Para Ahli	192
Tabel 49.	Data Kualitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Mahasiswa Dari Para Ahli	192
Tabel 50.	Data Kuantitatif Validasi Panduan Praktik Teknik Digital Dari Para Ahli	193
Tabel 51.	Data Kualitatif Validasi Panduan Praktik Teknik Digital Dari Para Ahli	193
Tabel 52.	Data Pengujian Dampak Pembelajaran Berbentuk Rata-rata Nilai <i>Pre-Test</i> dan <i>Post-Test</i> Selama Praktik Dilaksanakan	194
Tabel 53.	Data Persepsi Subjek Terhadap Produk Untuk Aspek Instruksional	195
Tabel 54.	Data Persepsi Subjek Terhadap Presentasi Produk	195
Tabel 55.	Revisi Produk Untuk Model Hipotetik	219
Tabel 56.	Revisi Perangkat Model: SAP	220
Tabel 57.	Revisi Perangkat Model: Panduan Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>	222
Tabel 58.	Perangkat Model: Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen	223
Tabel 59.	Revisi Perangkat Model: Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Instruktur	223
Tabel 60.	Revisi Panduan Pembelajaran Praktik Online Untuk Mahasiswa	224
Tabel 61.	Revisi Perangkat Model: Panduan Praktik Teknik Digital	224
Tabel 62.	Ringkasan Hasil Analisis Dampak Pembelajaran Model Menggunakan <i>t-test</i> Dengan Jumlah Subjek 24 orang	226
Tabel 63.	Revisi Akhir Produk	236
Tabel 64.	Diseminasi Produk Akhir Model Pembelajaran Praktik Online .	243

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.	Jumlah Dosen Tetap Perguruan Tinggi Seluruh Indonesia Tahun Akademik 2008/2009	6
Gambar 2.	Tiga Aktivitas Utama yang Saling Berhubungan di Perguruan Tinggi	30
Gambar 3.	Proses Utama Fungsi Perguruan Tinggi	31
Gambar 4.	Model Hubungan Kegiatan Penelitian dan Pengajaran di Perguruan Tinggi: (a) Model Linear, dan (b) Model Dialogis ..	33
Gambar 5.	Tata Hubungan Komponen Dalam Proses Inkuiri	63
Gambar 6.	Ilustrasi Hubungan Peranan Dosen dan Mahasiswa Dengan Tingkat Keaktifan Dalam Kegiatan Praktik	65
Gambar 7.	Kedudukan <i>E-Learning</i> Dalam <i>Distributed Learning</i> Menurut Masson & Rennie	94
Gambar 8.	Model Pembelajaran <i>Online</i>	96
Gambar 9.	Format Penulisan URL	116
Gambar 10.	Lapisan Model Belajar Kolaborasi <i>Online</i>	139
Gambar 11.	Ilustrasi Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terpadu Dengan Paham Utama Konstruktivisme	141
Gambar 12.	Model Hipotetik Pembelajaran Online Praktik Teknik Digital Dengan Pendekatan Kolaborasi di Perguruan Tinggi	161
Gambar 13.	Diagram Alir Prosedur Pengembangan Produk	166
Gambar 14.	Konsensus Para Ahli Terhadap Model Hipotetik Dari Aspek Identifikasi Masalah	196
Gambar 15.	Konsensus Para Ahli Terhadap Model Hipotetik Dari Aspek Penentuan Jenis Produk	197
Gambar 16.	Konsensus Para Ahli Terhadap Model Hipotetik Dari Aspek Penentuan Tujuan Program	198
Gambar 17.	Konsensus Para Ahli Terhadap Model Hipotetik Dari Aspek Struktur dan Komponen Model	199
Gambar 18.	Konsensus Para Ahli Terhadap Produk Dari Aspek Kelengkapan Model	201

Gambar 19.	Grafik Ringkasan Konsensus Para Ahli Terhadap Model Hipotetik Produk	202
Gambar 20.	Grafik Ringkasan Konsensus Para Ahli Terhadap SAP	203
Gambar 21.	Grafik Ringkasan Konsensus Para Ahli Terhadap Buku Ajar Teknik Digital	208
Gambar 22.	Grafik Konsensus Para Ahli Terhadap Panduan Simulator dan Praktik <i>Online</i>	212
Gambar 23.	Grafik Rerata Konsensus Para Ahli Terhadap Aspek Materi Pada Panduan Simulator dan Panduan Praktik <i>Online</i>	214
Gambar 24.	Grafik Konsensus Para Ahli Terhadap Panduan Praktik Teknik Digital	216
Gambar 25.	Grafik Dampak Penerapan Model Terhadap Peningkatan Hasil Belajar	227
Gambar 26.	Grafik Persepsi Subjek Terhadap Produk Pada Aspek Instruksional	229
Gambar 27.	Grafik Persepsi Subjek Terhadap Aspek Tampilan Produk	233

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1.	Instrumen Penilaian Ahli Terhadap Model Hipotetik	256
Lampiran 2.	Instrumen Penilaian Ahli Terhadap SAP	262
Lampiran 3.	Instrumen Penilaian Ahli Terhadap Buku Ajar Teknik Digital	265
Lampiran 4.	Instrumen Penilaian Ahli Terhadap Panduan Pengoperasian Simulator, Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen, Instruktur dan Mahasiswa	269
Lampiran 5.	Instrumen Penilaian Ahli Terhadap Buku Panduan Pembelajaran Praktik Online Untuk Dosen	272
Lampiran 6.	Soal <i>Pre-Test</i> Praktik Teknik Digital	275
Lampiran 7.	Soal <i>Post-Test</i> Praktik Teknik Digital	298
Lampiran 8.	Instrumen Persepsi Dalam Aspek Instruksional	299
Lampiran 9.	Instrumen Persepsi Dalam Aspek Tampilan Produk	302
Lampiran 10.	Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Model Hipotetik Produk	304
Lampiran 11.	Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Model Hipotetik Produk	305
Lampiran 12.	Data Konsensus Ahli Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terhadap Model Hipotetik Produk	306
Lampiran 13.	Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Model Hipotetik Produk	307
Lampiran 14.	Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP	308
Lampiran 15.	Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP	309
Lampiran 16.	Data Konsensus Ahli Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP	310
Lampiran 17.	Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP	311
Lampiran 18.	Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital	312
Lampiran 19.	Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital	313
Lampiran 20.	Data Konsensus Ahli Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital	314

Lampiran 21.	Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital	315
Lampiran 22.	Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>	316
Lampiran 23.	Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>	317
Lampiran 24.	Data Konsensus Ahli Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>	318
Lampiran 25.	Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>	319
Lampiran 26.	Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen	320
Lampiran 27.	Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen	321
Lampiran 28.	Data Konsensus Ahli Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen	322
Lampiran 29.	Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen	323
Lampiran 30.	Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Instruktur	324
Lampiran 31.	Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Instruktur	325
Lampiran 32.	Data Konsensus Ahli Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Instruktur	326
Lampiran 33.	Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Instruktur	327
Lampiran 34.	Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Mahasiswa	328

Lampiran 35.	Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Mahasiswa	329
Lampiran 36.	Data Konsensus Ahli Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Mahasiswa	330
Lampiran 37.	Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik <i>Online</i> Untuk Mahasiswa	331
Lampiran 38.	Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital	332
Lampiran 39.	Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital	333
Lampiran 40.	Data Konsensus Ahli Pembelajaran <i>E-Learning</i> Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital	334
Lampiran 41.	Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital	335
Lampiran 42.	Data Pengujian Dampak Pembelajaran	336
Lampiran 43.	Data Pengujian Persepsi Subjek Terhadap Produk	343
Lampiran 44.	Diseminasi Produk Lewat Konferensi Internasional dan Seminar Lokal	349
Lampiran 45.	Diseminasi Produk Lewat Pemuatan Berita di Media Massa Surat Kabar Harian (Koran)	351
Lampiran 46.	Diseminasi Produk Lewat <i>Personal Web</i>	357
Lampiran 47.	Surat Keterangan Melaksanakan Penelitian	358
Lampiran 48.	Produk Disertasi	359

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknik elektro, seperti halnya bidang-bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang lain, memasuki abad ke-21 ini mengalami peningkatan yang sangat pesat. Adhi Susanto (2004: 457-458) menyebutkan bahwa perkembangan bidang teknik elektro tidak hanya berkaitan dengan aspek kualitasnya saja, melainkan aspek-aspek lain yakni kuantitas dan variabilitasnya juga mengalami peningkatan yang sangat pesat. Perkembangan tersebut ditandai oleh berbagai invensi yang memberikan harapan pada peningkatan efisiensi dalam penggunaan aplikasi-aplikasi bidang teknik elektro untuk mendukung kebutuhan hidup manusia. Dalam cabang teknik elektro arus kuat, telah dikembangkan bahan superkonduktor dan superinsulator yang implementasinya dapat bermanfaat meningkatkan kapasitas penyaluran daya listrik, penurunan tarif dasar listrik, keamanan dan efisiensi jaringan listrik.

Selanjutnya Adhi Susanto memberikan gambaran bahwa dalam cabang teknik elektro arus lemah, saat ini perkembangannya telah menghasilkan berbagai sistem elektronika analog maupun digital dengan disain yang semakin kompak dan berunjuk kerja tinggi. Pada bidang komputasi digital, gejala perkembangan ini telah dirasakan pada satu dekade yang lalu ketika produk mikroprosesor kecepatan kerjanya memiliki peningkatan dua kali setiap 18 bulan sekali. Seiring dengan perkembangan IPTEK pendukungnya, industri komponen-komponen komputer terus melakukan pengembangan untuk meningkatkan kecepatan kerja

prosesor. Saat ini, menurut laporan Moore (2011: 36-38) dalam majalah *IEEE Spectrum*, telah dikembangkan prosesor baru *multicore* yang memiliki kinerja sangat tinggi dengan tingkat konsumsi daya yang rendah. Dengan menggunakan *chip* ini, para pemrogram komputer dapat berharap memperoleh dukungan proses paralel untuk menjalankan program-program yang dibuatnya, dan pada sisi lain pengguna awam akan memperoleh kenyamanan yang tinggi dalam menggunakan berbagai aplikasi yang dijalankan.

Sementara itu, industri piranti memori juga mengalami perkembangan yang sangat pesat ditunjukkan dengan telah dikembangkannya *chip* memori baru berbasis teknologi *Z-RAM* atau *zero-capasitor random access memory* (Savage, 2010: 140). Berbeda dengan pendahulunya yakni DRAM (*dynamic RAM*) yang menggunakan kapasitor sebagai sel penyimpannya, *Z-RAM* menggunakan efek *floating body* dari transistor sebagai sel-sel penyimpannya. Dibandingkan teknologi memori sebelumnya, teknologi ini memberikan dampak berupa penurunan harga piranti hingga 30% dan tingkat penggunaan tegangan operasi hingga 0,5 volt, dan pada sisi lain memberikan peningkatan kapasitas penyimpanan untuk ukuran *chip* yang sama.

Sejalan dengan perkembangan piranti memori, piranti transistor juga mengalami perkembangan yang mengagumkan. Saat ini telah diciptakan transistor dengan teknologi tiga dimensi (3-D) atau disebut juga sebagai *ultrathin body field effect transistor* yang memiliki keunggulan-keunggulan dibanding transistor *planar* dua dimensi terutama dalam mereduksi arus bocor yang mengalir pada kanal-kanalnya (Patel, 2011: 10).

Dalam bidang komunikasi digital, perkembangan yang pesat cenderung mengarah ke industri telepon cerdas (*smartphone*). Ross (2011: 23) memberikan ulasannya bahwa telepon cerdas merupakan salah satu dari 11 teknologi yang menonjol pada dekade terakhir ini. Teknologi sistem komunikasi digital telah menjadikan telepon cerdas ini mampu menjalankan fungsinya untuk mendukung hampir semua kebutuhan komunikasi manusia dari komunikasi suara, teks, citra sampai video.

Perkembangan yang menonjol juga terjadi pada bidang elektronika *consumer* yang ditandai oleh munculnya produk-produk elektronika dalam bentuk peralatan hiburan dan informasi seperti radio, televisi, komputer multimedia dan sarana audio visual lainnya dengan sistem baru dan kinerja yang tinggi. Perkembangan radio saat ini sedang menuju ke arah penggunaan sistem digital pada bidang tersebut. Calamia (2011: 40) menyebutkan bahwa mulai tahun 2002 teknologi *hybrid radio (HD radio)* mulai diperkenalkan di Amerika Serikat dan pada 2010 bidang radio di negara tersebut telah memasuki era digital yang akan segera diikuti oleh negara-negara lain. Melalui radio digital ini, dapat diperoleh banyak keuntungan dan kenyamanan seperti penerimaan suara menjadi lebih jernih.

Sedangkan perkembangan yang menonjol pada produk pesawat televisi (TV) adalah ditemukannya *high definition TV (HDTV)*. Dengan menggunakan pesawat HDTV ini, dapat diperoleh gambar-gambar yang memiliki resolusi tinggi, tajam dan jernih. Seiring dengan perkembangan sistemnya, pesawat TV juga mengalami kemajuan yang revolusioner dari sisi layarnya. Jones (2011: 49) melaporkan bahwa pada tahun 2007 telah terjadi penemuan yang dramatis yakni

perbaikan yang signifikan terhadap aspek efisiensi energi dan rasio kontras pada layar TV LED (*light emitting diode*). Penemuan ini menjadikan pengguna TV saat ini dapat memperoleh layar datar berkinerja tinggi dengan harga yang murah. Selain itu, perkembangan televisi juga mengarah ke penggunaan sistem digital baik dalam transmisi maupun penerimaan gambar dan suaranya.

Perkembangan bidang elektronika *consumer* lainnya terjadi pada media cakram optis yang mengalami inovasi sangat berarti. Calamia (2011: 37) menyebutkan bahwa saat ini telah dapat diperoleh media cakram optis *high-definition blue-ray disk* atau disingkat dengan BD. Berbeda dengan cakram DVD yang memerlukan cahaya laser merah 650 nanometer, BD menggunakan cahaya laser biru 450 nanometer untuk menulisi dan membacanya. Dengan menggunakan BD dapat diperoleh media cakram penyimpan berkapasitas besar hingga 128 *giga byte* (GB) yang dapat digunakan untuk menyimpan data video digital beresolusi tinggi atau *high definition video*.

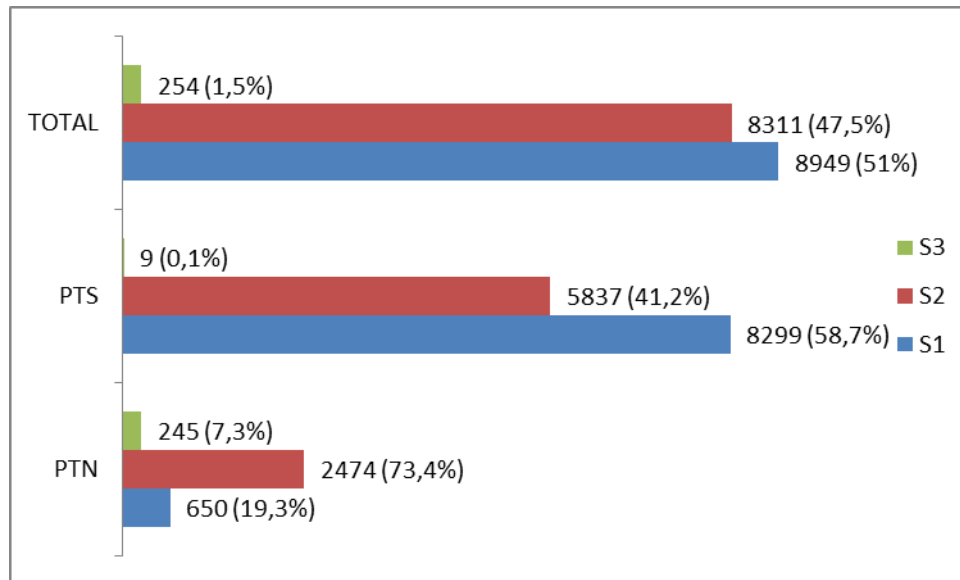
Memperhatikan perkembangan bidang teknik elektro khususnya teknik digital yang sangat pesat tersebut, dunia pendidikan perlu melakukan langkah-langkah antisipasi agar dapat menggali pemahaman yang seluas-luasnya, sedalam-dalamnya dan secepat mungkin terhadap berbagai pencapaian dari inovasi yang telah dilakukan pada bidang itu. Dengan telah berkembangnya teknologi komputasi dan informasi, proses pemahaman yang komprehensif dan efisien dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan sarana-sarana tersebut. Selain perlunya langkah-langkah pemahaman yang komprehensif terhadap perkembangan teknik-teknik digital, pada sisi lain kondisi tersebut sesungguhnya dapat menjadi

tantangan eksternal dan sumber motivasi kalangan pendidikan untuk terus menekuni dan mendalami bidang ini melalui berbagai diseminasi keilmuan.

Perkembangan teknik digital yang sangat pesat tersebut membawa implikasi pula ke arah meningkatnya tuntutan dunia kerja terhadap kualifikasi yang harus dimiliki oleh tenaga kerja. Tenaga kerja dituntut memiliki keahlian dan kemampuan agar dapat memahami secara komprehensif semua aspek perkembangan pada bidang teknik digital. Untuk itu, perguruan tinggi teknik perlu menyesuaikan kompetensi lulusannya dengan tuntutan dunia kerja tersebut. Dari aspek sumber daya manusia (SDM) yang harus disediakan, perguruan tinggi perlu menyiapkan dosen-dosen yang selain memiliki kualifikasi akademik yang sesuai, juga memiliki wawasan yang komprehensif terhadap berbagai perkembangan teknologi masa kini. Selain itu, dari aspek sarana dan prasarana yang diperlukan, perguruan tinggi harus menyediakan laboratorium yang memadai agar para mahasiswanya dapat memperoleh proses pembelajaran secara lengkap mencakup teori maupun praktik.

Namun, untuk menghadapi tantangan-tantangan eksternal tersebut, pendidikan tinggi teknik saat ini menghadapi persoalan-persoalan internal seperti keterbatasan SDM dan sarana serta prasarana yang dimiliki. Sampai dengan tahun akademik 2009/2010, dari jumlah 156.486 dosen tetap seluruh Indonesia, 68% di antaranya adalah lulusan S1 (KEMDIKNAS, 2010: 64). Sementara, data statistik dosen Program Studi Teknik Elektro dan ilmu-ilmu serumpunnya (Teknik Elektronika, Teknik Komputer, Teknik Informatika, Ilmu Komputer dan Sistem Informasi) jenjang program D3 dan S1 seluruh Indonesia yang dihimpun dan disajikan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan

dan Kebudayaan, pada tahun akademik 2012/2013 menunjukkan kondisi seperti berikut ini.



Gambar 1.
Jumlah Dosen Tetap se Indonesia Program Studi Teknik Elektro dan Serumpunnya Jenjang D3 dan S1 Tahun Akademik 2012/2013
 (Sumber: <http://evaluasi.dikti.go.id>)

Mengacu pada data tersebut, terlihat bahwa jumlah dosen seluruh Indonesia untuk bidang teknik elektro dan ilmu-ilmu serumpunnya yang belum memenuhi persyaratan ternyata mencapai 51%, mengingat menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 seorang dosen dipersyaratkan memiliki kualifikasi akademik minimum lulusan program magister atau jenjang pendidikan S2 untuk program diploma atau program sarjana dan lulusan program doktor atau jenjang pendidikan S3 untuk program pascasarjana. Walaupun dari data yang tersaji itu, persentase dosen PTN (perguruan tinggi negeri) yang belum memenuhi kualifikasi sesuai persyaratan cukup rendah yakni 19,3%, namun untuk PTS (perguruan tinggi swasta) persentasenya masih tinggi yakni mencapai

58,7%. Kenyataan tersebut telah menunjukkan bahwa perguruan tinggi di Indonesia khususnya pendidikan tinggi teknik bidang teknik elektro dan serumpunnya masih menghadapi persoalan keterbatasan SDM yang serius.

Selain keterbatasan SDM, pendidikan tinggi teknik juga menghadapi persoalan keterbatasan sarana khususnya laboratorium. Sarana laboratorium sangat penting peranannya dalam penyelenggaraan pendidikan tinggi teknik, sehingga setiap universitas atau institut harus memilikinya (Peraturan Pemerintah Nomor 60, 1999). Laboratorium juga telah menjadi salah satu parameter penilaian akreditasi (BAN-PT, 2008: 25; ABET, 2009: 4), dan sebagai salah satu standar mutu dalam Sistem Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi (DEPDIKNAS, 2008: 119-120). Dalam proses pembelajaran, laboratorium berguna menumbuhkan keterampilan-keterampilan tertentu (Kozma, Belle & Williams, 1978: 341), dan sebagai sarana untuk membangkitkan minat, keingintahuan (*curiosity*), kemampuan berpikir dalam orde tinggi (*higher order thinking*) serta kemampuan memahami konsep (Sunal, Wright & Sundberg, 2008: 2).

Keterbatasan sarana laboratorium perguruan tinggi teknik di Indonesia tercermin dari posisi daya saing inovasi teknologi Indonesia yang masih rendah yakni menempati peringkat 40, di bawah posisi Malaysia dan Singapura masing-masing dengan peringkat 23 dan 11 (*World Economic Forum*, 2013: 20). Inovasi teknologi merupakan satu dari 12 pilar untuk mengukur daya saing suatu negara. Pilar ini diyakini dapat mencerminkan kondisi infrastruktur penelitian dan pengembangan yang tersedia oleh suatu negara dalam melakukan inovasi teknologi. Menurut kriteria yang diluncurkan *World Economic Forum* tersebut, salah satu instansi yang berperan besar dalam inovasi teknologi adalah perguruan

tinggi yang mampu menyediakan infrastruktur laboratorium. Dengan peringkat tersebut, tercermin bahwa laboratorium-laboratorium perguruan tinggi di Indonesia masih belum memadai untuk melakukan kegiatan inovasi teknologi guna mendorong daya saing yang lebih tinggi di kawasan Asia Tenggara.

Untuk Program Studi Teknik Elektro dan ilmu-ilmu serumpunnya, keterbatasan sarana laboratoriumnya ditunjukkan oleh kenyataan bahwa sebagian besar program studi-program studi tersebut kualitas penyelenggaraannya masih belum baik. Data yang diperoleh dari situs Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi atau BAN PT (2011), menunjukkan hampir 60% dari jumlah program studi-program studi yang mengelola bidang teknik elektro dan bidang-bidang serumpunnya berperingkat akreditasi C. Hal itu menunjukkan bahwa kualitas program studi-program studi tersebut termasuk sarana laboratoriumnya masih belum baik. Persoalan yang dihadapi oleh program studi-program studi tersebut sebagian besar adalah masih belum terpenuhinya standar minimum penyelenggaraan laboratorium sesuai dengan ketentuan atau peraturan yang ditetapkan pemerintah.

Kendala utama rendahnya kualitas sarana laboratorium umumnya disebabkan faktor pendanaan. Bagi PTN, kendala ini agak tidak terasa mengingat aspek pendanaan sepenuhnya dicukupkan oleh negara, namun bagi PTS yang sebagian besar sumber dananya harus digali sendiri, pendanaan hampir menjadi faktor utama penyebab rendahnya mutu fasilitas laboratorium. Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi DEPDIKNAS Nomor 108/DIKTI/Kep/2001, seharusnya setiap perguruan tinggi yang mengajukan berdirinya program studi baru sudah menyiapkan sarana laboratorium memadai

sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi. Namun, kenyataan menunjukkan pemenuhan syarat tersebut kurang diperhatikan oleh pengelola perguruan tinggi khususnya PTS sehingga implementasi kurikulum tidak memperoleh dukungan sarana laboratorium yang baik. Salah satu sebab dari kondisi tersebut adalah minimnya dana internal perguruan tinggi yang dialokasikan untuk pengembangan laboratorium.

Kajian terhadap beberapa dokumen proposal hibah PTS di Jawa Timur dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) menunjukkan bahwa sebagian besar dana yang diajukan PTS lewat dana hibah Peningkatan Mutu Pendidikan dialokasikan untuk pengembangan laboratorium. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan dana internal perguruan tinggi memang masih belum mencukupi untuk melakukan pengembangan laboratorium sehingga penggalan dana dilakukan melalui pengajuan program hibah ke pemerintah. Memperhatikan kenyataan tersebut, perlu dilakukan usaha-usaha pengembangan pembelajaran praktik atau kegiatan praktikum secara efisien.

Seiring dengan laju perkembangan IPTEK khususnya teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat, saat ini telah berkembang konsep *electronic laboratory* atau disingkat *E-Lab* yang dapat memberikan tingkat pembiayaan rendah dalam pengadaannya. Macias & Mendez (2007: 15) menggambarkan bahwa biaya yang dikeluarkan pada pembangunan *E-Lab* jauh lebih kecil dibandingkan biaya pada laboratorium tradisional. Selain biaya pembangunannya lebih murah dibandingkan biaya pembangunan laboratorium *real*, penggunaan *E-Lab* juga memberikan keuntungan dari sisi penambahan jumlah sesi praktikum dan jumlah tim/kelompok mahasiswa per minggunya.

Dalam implementasinya, *E-Lab* dapat diwujudkan dalam bentuk *remote laboratory* disingkat *R-Lab* dan *virtual laboratory* disingkat *V-Lab*. Analisis Elawady & Tolba (2009: 92) menyimpulkan bahwa *V-Lab* memberikan tingkat biaya yang paling murah dalam pembangunannya dibandingkan dengan laboratorium tradisional *hands-on* (laboratorium real) maupun *R-Lab*. Komponen utama *V-Lab* adalah simulator yang menyediakan fungsi simulasi terhadap peralatan dan fenomena-fenomena yang terjadi dalam kegiatan praktik. Penggunaan *V-Lab* dapat memberikan tingkat pembiayaan yang efisien karena berbasis pada simulator yang dibuat menggunakan program komputer. Oleh karena seluruh aktivitas kegiatan praktiknya bersifat simulatif, maka makna pembelajaran praktik menggunakan *V-Lab* pada dasarnya adalah sebuah proses pembelajaran praktik menggunakan simulator.

Berbagai penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa, (1) simulator mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi pembelajaran praktik (Colace, De Santo, & Pietrosanto, 2004: 22-24); (2) hasil belajar menggunakan simulator sama efektifnya dengan hasil belajar menggunakan laboratorium real (Lang, et al., 2004: 1-12; Kantzavelou, 2005: 263-274; Tzafestas, Palaiologou & Alifragis, 2006: 360-369; Corter, et. al, 2007: 1-27; Wolf, 2010: 216-222; Goodwin, et al., 2011: 48-55); (3) penggunaan simulator lebih efisien dibandingkan penggunaan laboratorium real (Candelas, et. al, 2006:1-6; Saleh, Mohamed & Madkour, 2009: 9-17); dan (4) penggunaan simulator memberikan kemudahan serta fleksibilitas yang tinggi (Mateev, Todorova & Smrikarov, 2007: IV.11.1-6; Bailey & Freeman, 2010: 13-25). Dari berbagai hasil penelitian tersebut dapat dinyatakan bahwa penggunaan simulator

sebagai pengganti sarana laboratorium *real* pada proses pembelajaran praktik dapat memberikan tingkat pencapaian kompetensi yang baik pada diri mahasiswa.

Pada level operasional, saat ini sesungguhnya telah banyak perguruan tinggi yang mengimplementasikan *E-Learning* dalam proses pembelajaran dan bahkan telah menetapkan sebagai salah satu kebijakan yang masuk dalam bagian sistem penjaminan mutu internal. Penggunaan *E-Learning* umumnya dengan mempertimbangkan bahwa strategi tersebut bersifat *learner centered*, sehingga dapat memotivasi peningkatan kualitas pembelajaran dan materi ajar, kualitas aktivitas dan kemandirian mahasiswa, serta komunikasi antara dosen dengan mahasiswa maupun antar mahasiswa. Strategi *E-Learning* juga dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan ruang kelas serta hambatan jarak dan waktu, di dalam pelaksanaan kegiatan belajar mengajar. Selain itu, *E-Learning* telah menjadi suatu kebutuhan bagi sivitas akademika, mengingat baik dosen, mahasiswa maupun institusi pendidikan telah memanfaatkan teknologi komputer dalam proses kegiatan belajar mengajar (Universitas Indonesia, 2007: 1). Namun, sebagian besar kandungan materi *E-Learning* yang tersedia masih terbatas pada bahan-bahan untuk kuliah tatap muka, bukan kandungan materi yang digunakan sebagai acuan kegiatan praktik. Untuk itu, agar implementasi pembelajaran praktik menggunakan simulator dapat berlangsung secara efisien, perlu dilakukan usaha-usaha pengintegrasian kegiatan pembelajaran praktik tersebut ke dalam lingkungan *E-Learning*.

Hasil wawancara dengan dosen pengampu praktikum di Universitas Ahmad Dahlan, sebuah perguruan tinggi di Yogyakarta, menunjukkan bahwa hasil belajar melalui kegiatan laboratorium menggunakan peralatan *hands-on*

untuk matakuliah Teknik Digital dan matakuliah-matakuliah serumpunnya masih kurang baik dengan rata-rata persentase pencapaian kurang dari 40%. Rendahnya tingkat pencapaian hasil belajar tersebut lebih banyak dikarenakan rendahnya motivasi mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum sehingga keikutsertaannya dalam kegiatan laboratorium dirasakan sekedar memenuhi kewajiban-kewajiban formal yang ditentukan oleh pengampu matakuliah. Selain itu, praktikum menggunakan peralatan *hands-on* menumbuhkan pada diri mahasiswa perasaan takut melakukan kesalahan akan rusaknya peralatan yang digunakan. Dengan memperhatikan kenyataan-kenyataan ini, maka perlu dirancang kegiatan pembelajaran praktik yang mampu menumbuhkan motivasi dan sekaligus menghilangkan perasaan khawatir terhadap rusaknya alat-alat ketika digunakan. Salah satu alternatifnya adalah dengan menggunakan simulator untuk mendukung kegiatan praktik, karena peralatan dan bahan-bahan praktik yang disediakan bersifat virtual simulatif sehingga mampu menghilangkan rasa khawatir tersebut serta mampu menumbuhkan motivasi bagi mahasiswa.

Hasil studi awal juga menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium *hands-on* menuntut pengelolanya melakukan perawatan dalam bentuk pengecekan secara rutin terhadap peralatan maupun modul-modul praktikum yang akan digunakan dan prosesnya memerlukan waktu, tenaga serta biaya yang besar. Untuk itu perlu dikembangkan kegiatan pembelajaran praktik menggunakan simulator agar perawatan alat-alat dan bahan-bahannya lebih mudah dan murah. Praktikum menggunakan *hands-on* juga tidak memberi peluang dilakukannya pendokumentasian terhadap *setup* peralatan yang telah disusun karena *setup* tersebut akan dibongkar saat praktikum telah selesai dilakukan. Melalui

penggunaan simulator dapat dilakukan pendokumentasian *setup* praktikum dengan mudah ke dalam bentuk berkas *softcopy*.

Hasil studi awal menunjukkan pula bahwa dosen pengampu praktikum merasa kesulitan dalam memantau keaktifan mahasiswa. Dengan demikian perlu dirancang sebuah kegiatan pembelajaran praktik yang memudahkan dosen dalam memantau keaktifan mahasiswa. Alternatif yang dapat dipilih adalah dengan mengembangkan pembelajaran praktik yang dilengkapi fasilitas kolaborasi *online*. Hal ini akan mudah dilakukan jika implementasinya diintegrasikan dengan lingkungan *E-Learning*, mengingat dalam lingkungan ini telah tersedia kelengkapan untuk mendukung kerja kolaborasi *online*.

Berdasarkan hasil studi referensi, simulator sebagai pendukung utama *V-Lab* telah digunakan di berbagai perguruan tinggi seperti Universitas *Salerno* di Itali, Universitas *Bordeaux* di Perancis, Institut Nasional Sains Aplikasi (INSA) *de Lyon* di Perancis, Institut Pendidikan Teknologi *Athena* di Yunani, Universitas *Purdue* di Amerika Serikat, Universitas Teknologi Nasional *Athena* di Yunani, Universitas *Alicante* di Spanyol, Universitas *Columbia* di Amerika Serikat, Universitas *Rousse* di Bulgaria, Universitas *South Valley* di Mesir, Universitas *Oradea* di Rumania, Universitas *York* di Inggris, Universitas *Massachusetts* di Amerika Serikat, dan Universitas *Newcastle* di Australia. Sebagian besar perguruan tinggi-perguruan tinggi tersebut telah menerapkan penggunaan simulator secara *online* dan hanya sedikit yang masih bersifat *offline*. Hasil studi referensi juga menunjukkan walaupun sebagian besar telah menggunakan mode *online*, namun implementasi proses pembelajaran praktik tersebut masih belum melibatkan pendekatan kolaborasi secara *online*.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan terhadap enam perguruan tinggi di DIY, Jawa Tengah dan Riau, menunjukkan bahwa sebagian besar pembelajaran praktik yang diselenggarakan menggunakan simulator berbasis aplikasi *desktop* yang bersifat *offline*. Dari enam perguruan tinggi tersebut, hanya sebuah perguruan tinggi yang telah menyelenggarakan pembelajaran praktik secara *online* menggunakan pendekatan kolaboratif. Namun, kegiatan kolaborasi *online* yang dijalankan masih terbatas pada kegiatan diskusi dalam bentuk *text conferencing*, sedangkan kegiatan praktiknya masih dilakukan secara tersendiri oleh masing-masing anggota kelompok. Model ini memiliki kelemahan kurang dapat menumbuhkan pada diri mahasiswa aspek kerjasama dalam praktik dan pada sisi lain tidak menyediakan peluang pada dosen untuk dapat memantau dengan mudah aktivitas praktik mahasiswa. Ringkasan hasil studi referensi dan pendahuluan disajikan pada tabel 1 di bawah ini.

Pada tabel 1, tanda \surd menunjukkan adanya dukungan kelengkapan, tanda \times menunjukkan tidak adanya dukungan dan tanda \bullet menunjukkan kelengkapan tersebut bersifat spesifik hanya untuk simulator tertentu saja sehingga tidak fleksibel serta sulit diimplementasikan oleh dosen yang tidak memiliki keahlian dalam pemrograman. Dengan demikian perlu dikembangkan pembelajaran praktik menggunakan simulator yang dilengkapi dengan fasilitas kolaborasi praktik *online* yang dapat digunakan secara fleksibel untuk berbagai simulator dan mudah dalam implementasinya. Selain itu, pembelajaran praktik yang dikembangkan juga perlu menyediakan kelengkapan berupa program aplikasi *desktop* dan *online*, fasilitas komunikasi teks sinkron maupun asinkron (*chat* dan *email*), serta terintegrasi dengan *learning management system* (LMS).

Tabel 1.
Hasil Studi Referensi dan Studi Pendahuluan Terhadap
Pengembangan Pembelajaran Praktik Menggunakan Simulator

Pengembangan Pembelajaran Praktik Menggunakan Simulator	Kelengkapan Pembelajaran Praktik						
	Aplikasi		Kolaborasi Praktik <i>Online</i>	Kolaborasi Umum <i>Online</i>			Terpadu Dengan LMS
	Desktop	<i>Online</i>		Chat Room	Vicon	Email/ Forum	
Hu, Cordel & Mainel (2004: 60-71)	×	√	×	×	×	×	×
Colace, De Santo, & Pietrosanto (2004:22-24)	×	√	×	×	×	×	×
Lang, et al. (2004: 1-12)	×	√	×	×	×	×	×
Babich. & Mavrommatis (2004: 1043-1050)	×	√	×	√	√	×	×
Benmohamed, Lelevé & Prévot (2005: 11-16)	×	√	×	√	×	√	√
Kantzavelou (2005: 263-274)	×	√	×	×	×	×	×
Drigas, et. al (2005)	×	√	×	×	×	×	×
Lin & Lin (2005: 295-296)	×	√	×	×	√	√	×
Tzafestas, Palaiologou & Alifragis (2006:360-369)	×	√	×	×	×	×	×
Bardeen, et. al. (2006: 700–708)	×	√	×	×	×	×	×
Candelas, et. al. (2006:1-6)	×	√	●	√	×	√	√
Corter, et. al (2007: 1-27)	√	×	×	×	×	×	×
Mateev, Todorova & Smrikarov (2007: IV.11.1-6)	×	√	×	×	×	×	×
Saleh, Mohamed & Madkour (2009: 9-17)	×	√	×	×	×	×	×
Radu (2010: 2.78-2.81)	×	√	×	×	√	×	×
Chen, Song & Zhang (2010: 3843-3852)	×	√	×	×	×	×	×
Bailey & Freeman (2010: 13-25)	√	×	×	×	×	×	×
Wolf (2010: 216-222)	×	√	×	×	×	×	×
Shokri & Faraahi (2010: 1357-1359)	×	√	×	×	×	×	×
Goodwin, et. al. (2011: 48-55)	√	×	×	×	×	×	×
Studi Pendahuluan pada penelitian ini	√	√	×	√	×	√	√
Penelitian yang dilakukan	√	√	√	√	√	√	√

Berdasarkan hasil studi referensi dan studi pendahuluan seperti di atas, penelitian ini bermaksud mengembangkan model pembelajaran praktik yang telah digunakan tersebut dengan memodifikasi pada bagian kegiatan

kolaborasinya. Melalui penelitian ini akan dikembangkan model pembelajaran praktik yang dapat mengarahkan anggota-anggota kelompok agar saling bekerjasama dalam menggunakan simulator secara *online*. Model yang dikembangkan ini memiliki kelebihan dibandingkan model yang telah ada, yakni mampu menciptakan kondisi kolaborasi dalam praktik bagi setiap anggota kelompok sehingga sesama anggota kelompok dapat melakukan kerja kolaboratif secara *online* dalam menyusun rangkaian elektronika selama praktikum berlangsung. Kelebihan lain dari model yang dikembangkan adalah mampu menyediakan kondisi yang memudahkan dosen dalam memantau aktivitas setiap anggota kelompok praktikum. Selain itu, model yang dikembangkan juga memiliki kelebihan dapat secara fleksibel dan mudah diimplementasikan untuk berbagai jenis simulator.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di muka, dapat diidentifikasi masalah-masalah yang terkait dengan pengembangan model pembelajaran praktik sebagai berikut.

1. Kondisi sarana dan prasarana laboratorium untuk mendukung implementasi kurikulum program studi Teknik Elektro masih belum memadai seperti belum terpenuhinya standar minimal penyelenggaraan laboratorium yang ditetapkan oleh peraturan yang ada.
2. Masih rendahnya kapasitas laboratorium dalam memberikan pelayanan pembelajaran praktik kepada mahasiswa.

3. Masih minimnya dana internal perguruan tinggi yang dialokasikan untuk pengembangan dan penyelenggaraan laboratorium.
4. Pengelolaan laboratorium *hands-on* seperti pengadaan bahan habis pakai dan perawatan serta pengecekan peralatan yang akan digunakan memerlukan alokasi waktu, tenaga dan biaya yang besar.
5. Masih rendahnya tingkat pencapaian hasil belajar matakuliah Teknik Digital dan matakuliah-matakuliah serumpunnya melalui pembelajaran praktik dengan laboratorium *hands-on*.
6. Masih banyaknya mahasiswa yang mengalami hambatan psikologis dalam melaksanakan pembelajaran praktik menggunakan laboratorium *hands-on* seperti munculnya rasa takut terhadap rusaknya alat yang akan digunakan dan rendahnya motivasi atau semangat dalam mengikuti kegiatan praktikum.
7. Laboratorium *hands-on* tidak memberikan peluang untuk melakukan pendokumentasian *setup* peralatan pembelajaran praktik.
8. Pembelajaran praktik dengan laboratorium *hands-on* kurang fleksibel dari sisi penggunaan ruang dan waktu karena mahasiswa harus datang secara fisik ke ruang laboratorium pada waktu yang telah ditentukan.
9. Pembelajaran praktik yang telah ada belum mampu mengarahkan mahasiswa untuk saling bekerjasama dalam menggunakan simulator secara *online*.
10. Pembelajaran praktik yang telah ada belum menyediakan fasilitas kolaborasi *online* yang fleksibel untuk penggunaan berbagai simulator dan mudah implementasinya.
11. Belum tersedianya perangkat pembelajaran praktik di perguruan tinggi untuk mata kuliah Teknik Digital yang mampu mengarahkan mahasiswa melakukan kegiatan praktik secara kolaboratif *online*.

12. Masih seringnya dosen merasa kesulitan dalam memantau keaktifan mahasiswa peserta pembelajaran praktik yang menggunakan laboratorium *hands-on*.
13. Penyelenggaraan *E-Learning* di perguruan tinggi belum optimal, karena masih terbatas pada penyediaan *content* yang bersifat alternatif pengganti bahan-bahan kuliah tatap muka saja dan belum menyediakan *content* untuk mendukung kegiatan pembelajaran praktik.

C. Pembatasan Masalah

Atas dasar identifikasi masalah yang dikemukakan, terlihat bahwa permasalahan yang muncul dalam pengembangan pembelajaran praktik di lingkungan institusi pendidikan tinggi teknik sangat luas. Mengingat berbagai keterbatasan yang ada, penelitian ini difokuskan pada usaha-usaha penyelesaian terhadap masalah-masalah sebagai berikut.

1. Pembelajaran praktik yang ada belum mampu mengarahkan mahasiswa untuk saling bekerjasama dalam menggunakan simulator secara *online*.
2. Pembelajaran praktik yang ada belum menyediakan fasilitas kolaborasi *online* yang fleksibel untuk penggunaan berbagai simulator dan mudah implementasinya. Untuk itu, penelitian difokuskan pada pengembangan pembelajaran praktik kolaborasi *online* menggunakan *tools* program aplikasi *remote desktop* dari perusahaan *Teamviewer*. Sedangkan simulator yang digunakan adalah *breadboard* dari Universitas *York Inggris*.

3. Belum tersedianya perangkat pembelajaran praktik di perguruan tinggi untuk mata kuliah Teknik Digital yang mampu mengarahkan mahasiswa melakukan kegiatan praktik secara kolaboratif *online*.

D. Rumusan Masalah

Memperhatikan masalah-masalah yang muncul dalam pengembangan pembelajaran praktik di lingkungan program studi Teknik Elektro dan ilmu-ilmu serumpunnya serta mengingat berbagai keterbatasan yang ada, maka rumusan masalah pada penelitian ini dapat dikemukakan sebagai berikut.

1. Bagaimana model pembelajaran praktik *online* Teknik Digital menggunakan simulator dengan pendekatan kolaborasi *online* pada program studi Teknik Elektro atau ilmu-ilmu serumpunnya?
2. Bagaimana kelayakan model yang dikembangkan tersebut?
3. Bagaimana perangkat pembelajaran praktik dari model yang dikembangkan?
4. Bagaimana kelayakan perangkat pembelajaran praktik yang dikembangkan?
5. Bagaimanakah efektivitas model pembelajaran praktik yang dikembangkan?

E. Tujuan Pengembangan

Penelitian disertasi ini merupakan penelitian pengembangan yang secara umum bertujuan mengembangkan model pembelajaran praktik di perguruan tinggi. Secara spesifik, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan model pembelajaran praktik Teknik Digital yang fleksibel dan berbiaya rendah, menggunakan simulator dengan pendekatan kolaborasi *online* pada program studi Teknik Elektro atau ilmu-ilmu serumpunnya.
2. Mengetahui kelayakan model yang dikembangkan.

3. Menghasilkan perangkat pembelajaran praktik dari model yang dikembangkan.
4. Mengetahui kelayakan perangkat pembelajaran praktik yang dikembangkan.
5. Mengetahui efektivitas model pembelajaran praktik yang dikembangkan.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Spesifikasi produk yang dikembangkan pada penelitian ini dideskripsikan sebagai berikut.

1. Infrastruktur Informasi

Produk ini menggunakan komputer *server* jenis *IBM System X3200* dengan spesifikasi: prosesor *Intel Xeon Quad Core*; kapasitas RAM (*random access memory*) 4 GB; kapasitas *harddisk* 1 TB, yang menyediakan portal laboratorium *virtual* dengan alamat akses <http://elab.uad.ac.id>. Operasi *server* didukung jaringan internet dengan lebar *bandwidth* sebesar 80 Mbps. Dari sisi pengguna, produk dapat dijalankan jika tersedia komputer *desktop* atau *laptop* yang tersambung ke jaringan internet dengan spesifikasi *hardware* standar untuk keperluan *browsing*.

2. Perangkat Lunak

Produk menggunakan perangkat lunak *Moodle*, yakni aplikasi *e-learning* yang berfungsi menyediakan perangkat dan manajemen pembelajaran praktik yang diletakkan pada komputer *server* dan dapat diakses secara *online* oleh dosen, teknisi, instruktur, dan mahasiswa. Dari sisi pengguna, komputer yang digunakan dipersyaratkan memiliki perangkat lunak terdiri atas: (1) sistem operasi dari

keluarga *Windows* seperti *Windows XP*, *Windows ME*, *Windows 7* atau *Windows Vista*; (2) program aplikasi *browser* seperti *Internet Explorer* atau *Mozilla Firefox*; (3) *plug-in Java Runtime Environment* versi 1.3 atau versi yang lebih tinggi; (4) program aplikasi simulator *breadboard*; (5) program *remote desktop* dari *TeamViewer* untuk mendukung kerja kolaborasi *online*; dan (6) *PDF Reader* untuk membaca perangkat pembelajaran dalam bentuk *e-book*.

3. Kandungan Informasi

Produk pembelajaran yang dikembangkan ini menyediakan perangkat pembelajaran berupa: (1) portal laboratorium virtual yang dapat diakses melalui alamat <http://elab.uad.ac.id>; (2) panduan pembelajaran praktik *online* untuk dosen, instruktur dan mahasiswa; (3) panduan penggunaan simulator *breadboard*; (4) panduan praktik teknik digital; (5) buku ajar teknik digital; (6) silabus dan SAP Teknik Digital; serta (7) perangkat evaluasi.

Peralatan dan bahan pembelajaran praktik yang disediakan oleh produk yang dikembangkan memenuhi standar minimal penyelenggaraan laboratorium teknik digital, sehingga dapat mendukung pencapaian kompetensi mahasiswa dalam perancangan rangkaian digital. Sedangkan materi yang disediakan mencakup: (1) Watak Gerbang Logika Dasar; (2) Rangkaian Logika Kombinasional; (3) Komparator dan Penjumlah Biner; (4) Multiplexer dan Demultiplexer; (5) Enkoder dan Dekoder; (6) Flip-flop; (7) Pencacah; dan (8) Register.

Produk menyediakan perangkat-perangkat pembelajaran yang memungkinkan praktik dapat dijalankan dengan metode inkuiri terbimbing melalui kegiatan kolaborasi *online* dalam kelompok-kelompok kecil, serta

menggunakan model belajar *blended* yakni gabungan antara tatap muka dan kegiatan *online* berbasis internet.

Produk yang dibuat menggunakan perangkat evaluasi dalam bentuk: (1) tugas pendahuluan; (2) *pre test*; (3) kegiatan praktik; (4) *post test*; dan (5) tugas laporan, serta umpan balik secara *online*.

4. Regulasi dan Standarisasi

Produk dapat dijalankan dengan baik oleh pengguna dosen, teknisi, instruktur dan mahasiswa, jika: (1) jaringan internet yang tersedia memiliki lebar *bandwidth* standar untuk *video conferencing* sebesar 64 Kbps per pengguna; dan (2) sesuai dengan panduan yang telah disediakan.

5. Sumber Daya Manusia

Produk ini membagi pengguna ke dalam empat kategori yakni: dosen, teknisi, instruktur dan mahasiswa. Secara umum, semua pengguna dipersyaratkan memiliki keterampilan dalam mengoperasikan aplikasi *browsing* pada jaringan internet. Secara khusus, persyaratan untuk dosen, agar dapat menjalankan produk ini dengan baik, adalah menguasai pengoperasian: (1) program aplikasi *Moodle* pada portal laboratorium *virtual* sebagai dosen pengampu; (2) program simulator *breadboard*; dan (3) program kolaborasi *online* dari *Teamviewer*.

Persyaratan untuk teknisi adalah menguasai pengoperasian program *Moodle* sebagai administrator (admin) sehingga dapat melayani pendaftaran dosen, instruktur dan mahasiswa sebagai pengguna portal laboratorium *virtual*. Sedangkan instruktur dan mahasiswa dipersyaratkan memiliki keterampilan mengoperasikan program-program seperti persyaratan pada dosen.

G. Manfaat Pengembangan

Secara umum produk hasil pengembangan dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai perangkat pendukung penyelenggaraan pembelajaran praktik yang fleksibel di lingkungan institusi pendidikan tinggi teknik. Bagi perguruan tinggi, penggunaan produk ini bermanfaat meningkatkan efisiensi biaya penyelenggaraan kegiatan pembelajaran praktik dan pada sisi lain berguna meningkatkan kapasitas penggunaan laboratorium. Selain itu, produk hasil pengembangan diharapkan juga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif langkah-langkah optimalisasi penggunaan laboratorium komputer di lingkungan institusi pendidikan tinggi teknik sehingga penggunaannya tidak hanya sebagai sarana peningkatan literasi komputer saja, namun dapat dioptimalkan sebagai sarana pendukung pembelajaran praktik berbagai matakuliah.

Produk yang dihasilkan ini bermanfaat pula meningkatkan kualitas pelayanan dosen kepada para mahasiswa peserta kegiatan pembelajaran praktik. Melalui produk ini, dosen dapat menyediakan perangkat pembelajaran praktik ke dalam lingkungan *E-Learning*, dapat memantau keaktifan mahasiswa dengan mudah, dan dapat memberikan umpan balik maupun evaluasi secara mudah melalui kegiatan interaksi secara *online*.

Bagi mahasiswa, produk ini dapat bermanfaat meningkatkan motivasi, minat dan semangat dalam mengikuti kegiatan praktik, mengingat produk ini menggunakan simulator yang memiliki sifat mampu menghilangkan beban-beban psikologis mahasiswa seperti rasa takut menggunakan alat dalam mengikuti pembelajaran praktik. Melalui produk ini, mahasiswa dapat menjalankan prosedur

praktikum dengan mudah, dapat mengikuti praktikum dan memperoleh bimbingan secara *online* dari instruktur maupun dosen. Sedangkan Instruktur dapat mendampingi kelompok mahasiswa secara *online*, dan teknisi dapat melakukan perawatan, pengecekan, persiapan dan pendokumentasian *setup* alat maupun bahan praktikum dengan mudah dan murah.

Bagi pengembangan keilmuan, produk yang dihasilkan melalui penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan kajian lebih lanjut tentang model pembelajaran praktik berbasis teknologi informasi, khususnya yang terkait dengan optimalisasi pemanfaatan kelengkapan aplikasi *E-Learning* yang saat ini telah banyak digunakan di lingkungan institusi pendidikan tinggi teknik.

H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Pengembangan produk yang dilakukan secara umum berbasis pada asumsi-asumsi yang terkait dengan aspek ketersediaan infrastruktur, strategi pembelajaran yang harus dijalankan, karakteristik dosen dan mahasiswa maupun kesiapan SDM pengelola yang terlibat. Secara khusus pengembangan produk dilandasi asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Standar minimum penyediaan laboratorium di lingkungan institusi pendidikan tinggi teknik harus dipenuhi agar kurikulum yang diselenggarakan khususnya oleh Program Studi Teknik Elektro atau program studi-program studi serumpunnya memperoleh dukungan sarana pembelajaran praktik yang memadai. Asumsi ini telah menjadi landasan perlunya memperhatikan faktor ketersediaan alat dan bahan dalam pengembangan produk. Oleh sebab itu, penelitian ini menetapkan simulator sebagai pengganti laboratorium *hands-on*

Teknik Digital karena di dalamnya terkandung alat dan bahan yang telah memenuhi standar minimum tersebut.

2. Saat ini banyak institusi pendidikan tinggi teknik yang telah memiliki fasilitas laboratorium komputer dengan koneksi internet dan telah mengimplementasikan strategi pembelajaran *E-Learning* sehingga para dosen dan mahasiswanya telah akrab (*friendly*) dengan pengoperasian aplikasi tersebut. Berdasarkan pada asumsi ini, produk yang dikembangkan diarahkan ke bentuk pembelajaran praktik *online* yang terintegrasi ke dalam lingkungan *E-Learning* agar implementasinya menjadi efisien dari sisi pendanaan dan mudah dalam instalasi maupun pengoperasiannya.
3. Pelaksanaan pembelajaran praktik harus menggunakan strategi yang tepat agar mampu berfungsi sebagai wahana untuk melatih cara berpikir ilmiah dalam menyelesaikan masalah dan mampu mengarahkan mahasiswa bekerja secara aktif serta mandiri sehingga tujuan pembelajaran praktik menghasilkan kompetensi psikomotorik yang baik pada diri mahasiswa dapat tercapai. Atas dasar asumsi ini, produk yang dikembangkan mengutamakan penyediaan perangkat pembelajaran dalam bentuk panduan praktik yang bersifat *open-ended* daripada *cook recipe* dengan skenario kolaboratif dalam kelompok-kelompok kecil menggunakan metode inkuiri terbimbing.
4. Secara psikologis, mahasiswa peserta pembelajaran praktik Teknik Digital umumnya telah memasuki semester kedua sehingga memiliki kemampuan imajinasi yang cukup kuat untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan yang bersifat *virtual*. Merujuk pada asumsi tersebut, maka penelitian ini memilih kegiatan simulasi sebagai aktivitas utama pada pembelajaran praktik yang

dikembangkan, mengingat pula bahwa kegiatan ini akan memberikan tingkat kemudahan dan efisiensi pendanaan yang tinggi.

5. Pembelajaran praktik yang dilaksanakan harus mampu memberikan kesempatan pada diri mahasiswa untuk menghayati dan merasakan bahwa kerja di laboratorium adalah berhadapan dengan hal-hal yang nyata. Berdasarkan asumsi ini, pengembangan produk diarahkan agar menggunakan simulator yang mampu menyediakan berbagai perlengkapan praktik mendekati bentuk nyatanya.
6. Agar tercapai peningkatan kemandirian dan keaktifan pada diri mahasiswa dalam melaksanakan praktikum, dan sekaligus dapat meningkatkan efisiensi penggunaan ruangan secara fisik, peran dosen secara langsung melalui tatap muka perlu dihindari. Memperhatikan asumsi ini, pengembangan produk dilakukan dengan strategi *online*, sehingga interaksi dosen dan mahasiswa berlangsung dalam bentuk *synchronous online* saat praktik, dan *asynchronous online* saat pemberian tugas pendahuluan, *pre-test*, *post-test*, dan umpan balik penugasan laporan.
7. Pada umumnya di setiap institusi pendidikan tinggi teknik saat ini telah tersedia SDM yang mampu melaksanakan tugas-tugas sebagai pengguna aplikasi *E-Learning* dari level pengguna biasa sampai administrator. Hal ini telah melandasi usaha-usaha pengembangan produk ke arah penyediaan fasilitas manajemen pengelolaan laboratorium secara *online* seperti pemberian pengumuman, penetapan dosen pengampu praktikum dan pendaftaran peserta.

Pengembangan produk pada penelitian ini mengandung beberapa keterbatasan. Dari sisi mahasiswa, pembelajaran praktik yang dikembangkan ini mempersyaratkan kemampuan awal dalam bentuk keterampilan mengoperasikan program-program komputer seperti *E-Learning*, simulator dan pendukung kolaborasi *online*. Untuk memperoleh keterampilan-keterampilan tersebut diperlukan waktu yang agak lama sehingga pada awal kegiatan mahasiswa berpeluang mengalami kesulitan.

Untuk mendukung implementasinya, produk ini menggunakan berbagai program aplikasi yang dibuat orang lain seperti program *Moodle* untuk penyediaan lingkungan *E-Learning*, program *remote desktop* dari *TeamViewer* untuk penyediaan lingkungan kolaborasi praktik *online*, dan simulator *breadboard* dari Universitas *York* Inggris. Dengan demikian pembaharuan *tools* pada model ini menjadi kurang fleksibel karena tidak dapat dikembangkan sendiri dan sangat tergantung pada pembaharuan yang dilakukan oleh pengembang program-program pendukung tersebut.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Kajian Teori

1. Pendidikan Tinggi

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 1999, pendidikan tinggi diartikan sebagai pendidikan yang diselenggarakan setelah jenjang pendidikan menengah. Dalam peraturan itu juga disebutkan bahwa perguruan tinggi merupakan satuan pendidikan yang menyelenggarakan pendidikan tinggi mencakup pendidikan akademik dan profesional. Pendidikan akademik adalah pendidikan tinggi yang diarahkan terutama pada ilmu dan pengembangannya, sedangkan pendidikan profesional merupakan pendidikan tinggi yang diarahkan terutama pada persiapan penerapan keahlian tertentu. Selanjutnya, dalam pasal 2 peraturan tersebut dinyatakan bahwa pendidikan tinggi merupakan kegiatan yang memiliki dua tujuan, pertama, berupaya menyiapkan peserta didik menjadi anggota masyarakat yang memiliki kemampuan akademik dan/atau profesional yang dapat menerapkan, mengembangkan dan/atau memperkaya khasanah ilmu pengetahuan, teknologi dan/atau kesenian, dan kedua, berusaha mengembangkan dan menyebarluaskan ilmu pengetahuan, teknologi dan/atau kesenian serta mengupayakan penggunaannya untuk meningkatkan taraf kehidupan masyarakat dan memperkaya kebudayaan nasional.

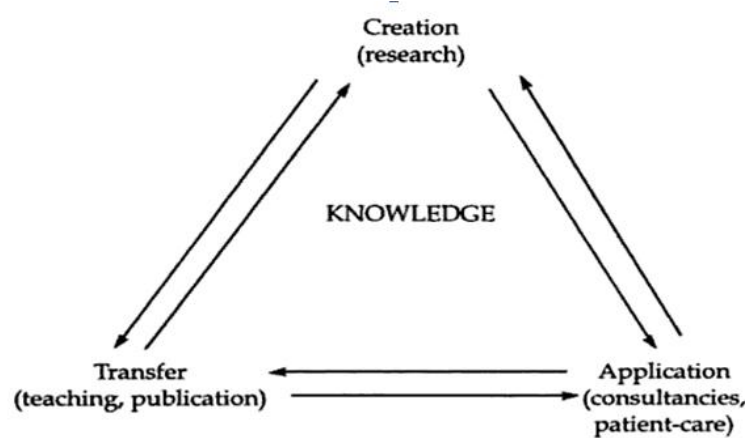
Mengacu pada pengertian-pengertian tersebut terlihat bahwa perguruan tinggi sebagai institusi penyelenggara pendidikan tinggi, memiliki tiga ranah kegiatan dalam mencapai tujuannya dan dalam perkembangan aplikasinya, ketiga

ranah itu sering diwakili oleh istilah tridharma perguruan tinggi. Secara eksplisit ketiga ranah kegiatan tersebut juga tercantum dalam Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999 yang menyebutkan bahwa perguruan tinggi menyelenggarakan kegiatan pendidikan tinggi dan penelitian serta pengabdian kepada masyarakat.

Sonhadji (2002: 3-4) mengutip Perkins (1966), menyatakan bahwa tiga misi pokok perguruan tinggi seperti telah dikemukakan di atas merujuk pada tiga aspek pengetahuan yakni penggalan ilmu pengetahuan (*acquisition of knowledge*), pemindahan pengetahuan (*transfer of knowledge*), dan penerapan pengetahuan (*application of knowledge*). Dalam konteks ini, implementasi misi tridharma itu telah menjadikan perguruan tinggi sebagai institusi yang mampu melakukan tiga macam transformasi yakni transformasi IPTEK melalui kegiatan penelitian, transformasi sumber daya manusia melalui kegiatan pendidikan dan pengajaran serta transformasi sosial dan tata nilai melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

Sejalan dengan itu, van der Molen (1996: 15) menyatakan bahwa misi perguruan tinggi mencakup tiga ranah yang saling berhubungan satu dengan lainnya yakni *transfer of knowledge*, *creation of knowledge*, dan *application of knowledge* seperti diekspresikan dalam ilustrasi pada gambar 2 di bawah ini.

Jika gambaran misi perguruan tinggi yang disampaikan oleh van der Mollen tersebut dihubungkan dengan kelaziman penyebutan misi tridharma yang berkembang di Indonesia, maka dapat diperoleh relasi bahwa *creation of knowledge* adalah dharma penelitian, *transfer of knowledge* merupakan dharma pendidikan dan pengajaran, serta *application of knowledge* adalah dharma pengabdian kepada masyarakat.

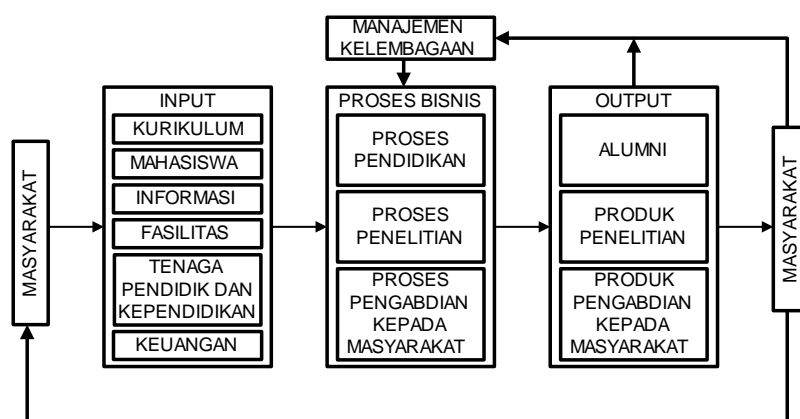


Gambar 2.
Tiga Aktivitas Utama yang Saling Berhubungan di Perguruan Tinggi
(van der Molen, 1996: 15)

Selanjutnya disampaikan oleh van der Molen bahwa perguruan tinggi dapat menentukan orientasi misinya tergantung pada cita-cita, kelebihan maupun kelemahan yang dimilikinya. Dominasi salah satu dari aktivitas tersebut akan mencerminkan orientasi yang merupakan ciri khas perguruan tinggi dalam menyelenggarakan misinya. Dalam konteks ini Thelin (2004) yang dikutip oleh Light, Cox & Calkins (2009: 32) mengatakan bahwa semenjak kelahiran ide tentang *the modern research university*, pengajaran dan penelitian telah didefinisikan sebagai sifat-sifat dasar suatu pendidikan tinggi dan universitas sehingga dikenal adanya istilah *research university* bagi perguruan tinggi atau universitas yang menekankan pada penyelenggaraan penelitian dalam mencapai misinya dan *teaching university* yang menekankan pada ranah pengajaran.

Selain mendasarkan diri pada sifat-sifat khasnya sebagai institusi penyelenggara pendidikan dan pengajaran, penelitian serta pengabdian kepada masyarakat, perguruan tinggi dituntut juga memperhatikan keinginan masyarakat

atas peran strategisnya menyiapkan SDM yang berkualitas. Dalam hal ini perguruan tinggi dapat dipandang sebagai suatu institusi yang melakukan suatu proses dengan mekanisme internal berdasar sifat-sifat dasarnya dan sekaligus memperhatikan tuntutan masyarakat sebagai faktor eksternal yang mempengaruhinya sehingga proses utama yang dilakukan oleh perguruan tinggi dalam menjalankan misinya dapat digambarkan sebagai berikut.



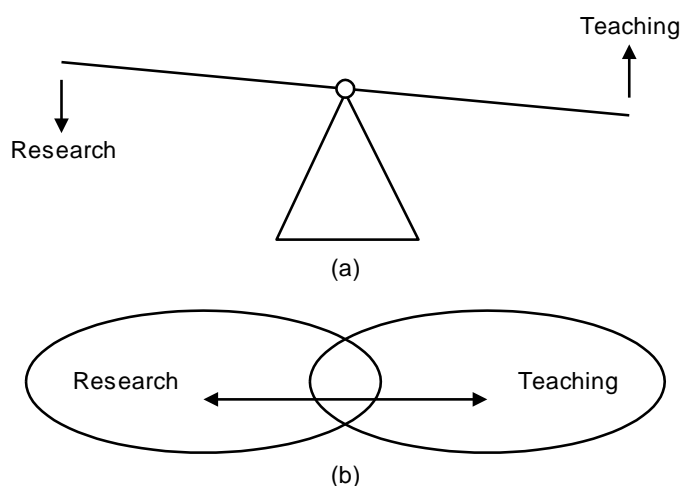
Gambar 3.
Proses Utama Fungsi Perguruan Tinggi (DEPDIKNAS, 2008: II-132)

Kegiatan untuk mencapai misi pada ranah pendidikan dan pengajaran oleh perguruan tinggi dilaksanakan dalam suatu proses pembelajaran. Dalam Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 disebutkan bahwa pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Untuk lingkungan perguruan tinggi, proses interaksi dalam pembelajaran terjadi antara mahasiswa sebagai peserta didik dengan dosen sebagai pendidik. Proses interaksi dalam pembelajaran di perguruan tinggi mengalami dinamika seiring dengan perjalanan waktu. Saat ini, kalangan perguruan tinggi dituntut agar dapat menyelenggarakan proses pembelajaran yang mampu menghasilkan interaksi antara dosen, mahasiswa dan sumber belajar secara efektif melalui

berbagai pendekatan. Dalam Sistem Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi disebutkan bahwa, salah satu pendekatan yang diyakini mampu menciptakan proses interaksi yang efektif antara komponen-komponen dalam pendidikan tinggi adalah *student centered learning*. Melalui pendekatan tersebut interaksi dalam proses pembelajaran dapat menciptakan proses perubahan pada diri mahasiswa dalam empat ranah yakni ranah kognitif, berupa kemampuan yang berhubungan dengan pengetahuan, penalaran atau pikiran; ranah afektif, merupakan kemampuan yang mengutamakan perasaan, emosi, dan reaksi-reaksi berdasarkan penalaran seperti penerimaan, partisipasi, penentuan sikap; ranah psikomotorik, yaitu kemampuan yang mengutamakan keterampilan jasmani seperti kreativitas; dan ranah kooperatif yaitu kemampuan untuk bekerjasama. Keempat ranah tersebut menurut *World Conference on Higher Education* yang diselenggarakan oleh UNESCO di Paris pada tahun 1988 disebut dengan istilah *learning how to know, learning to be, learning to do, dan learning to live together* (DEPDIKNAS, 2008: II-59).

Penelitian di lingkungan perguruan tinggi merupakan kegiatan yang memiliki tingkat urgensi yang sama dengan kegiatan pada ranah pendidikan dan pengajaran. Pengertian penelitian menurut Undang-undang Nomor 18 Tahun 2002 adalah kegiatan yang dilakukan menurut kaidah dan metode ilmiah secara sistematis untuk memperoleh informasi, data dan keterangan yang berkaitan dengan pemahaman dan pembuktian kebenaran atau ketidakbenaran suatu asumsi dan/atau hipotesis di bidang IPTEK serta menarik kesimpulan ilmiah bagi keperluan kemajuan IPTEK.

Hubungan antara kegiatan penelitian dan pengajaran di perguruan tinggi dapat digambarkan dalam beberapa model. Light, Cox & Calkins (2009: 33) menggambarkan hubungan keduanya dalam dua model yakni model linear dan model dialogis. Pada model linear, hubungan penelitian dan pengajaran digambarkan sebagai sebuah timbangan yang pada satu ujungnya terdapat beban penelitian dan pada ujung lain beban pengajaran. Model linear ini menjelaskan bahwa kegiatan penelitian dan pengajaran seolah-olah terpisah satu sama lain sehingga tidak terdapat interaksi yang saling mendukung. Kecenderungan dosen untuk melaksanakan salah satu saja dari kedua dharma itu akan sangat merugikan dharma lainnya. Selanjutnya Light, Cox & Calkins menyatakan bahwa perguruan tinggi-perguruan tinggi yang menganut model linear akan menghadapi resiko munculnya ketidakseimbangan porsi kegiatan antara penelitian dan pengajaran.



Gambar 4.
Model Hubungan Kegiatan Penelitian dan Pengajaran di Perguruan Tinggi:
(a) Model Linear, dan (b) Model Dialogis (Light, Cox & Calkins, 2009: 33)

Gambar 4 (b) menjelaskan bahwa pada model dialogis, kegiatan penelitian dan pengajaran saling berinteraksi sehingga dapat menciptakan keseimbangan di

antara keduanya. Bahkan, McCoy (1994), Dekan Fakultas Teknik dari *The Catholic University of America*, menyatakan bahwa tidak ada dikotomi yang mendasar antara kegiatan penelitian dan pengajaran di lingkungan perguruan tinggi karena walaupun seorang telah meniti karir sebagai dosen dengan performansi baik dalam kurun waktu lama, tidak mungkin jika satu kalipun belum pernah melaksanakan penelitian untuk mendukung kegiatan pengajarannya (Board on Engineering Education, 1995: 31). Dalam Sistem Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi dinyatakan bahwa perguruan tinggi harus memandu, mengelola dan memfasilitasi agar dharma pendidikan dan pengajaran serta penelitian dapat dilaksanakan oleh setiap dosen dengan seimbang, baik secara individual maupun kelompok (DEPDIKNAS, 2008: II-185). Pernyataan tersebut telah membawa implikasi kearah terbentuknya kecenderungan perguruan tinggi-perguruan tinggi di Indonesia menganut model dialogis dalam mengembangkan profesionalisme dosennya.

Pengabdian kepada masyarakat merupakan ranah kegiatan perguruan tinggi yang diarahkan untuk pemanfaatan dan penerapan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan. Kegiatan ini sangat penting mengingat dalam Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 disebutkan perguruan tinggi memiliki otonomi untuk mengelola sendiri lembaganya sebagai pusat penyelenggaraan pendidikan tinggi, penelitian ilmiah dan pengabdian kepada masyarakat. Salah satu tantangan yang dihadapi perguruan tinggi adalah munculnya wacana perguruan tinggi sebagai pusat keunggulan (Light, Cox & Calkins, 2009: 8). Dalam hal ini perguruan tinggi pada satu sisi dituntut untuk menyelenggarakan penelitian agar menghasilkan produk-produk yang unggul bermutu tinggi, dan pada sisi lain

dituntut untuk mengaplikasikan hasil-hasil penelitian tersebut untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Dalam menyelenggarakan misinya, selain menekankan pada tridharma yang merupakan ciri khasnya, perguruan tinggi juga menekankan pada aspek profesionalisme. Ciri profesionalisme perguruan tinggi ini tercermin dalam Undang-Undang Guru dan Dosen Nomor 14 Tahun 2005 yang menyebutkan bahwa dosen adalah pendidik profesional dan ilmuwan dengan tugas utama mentransformasikan, mengembangkan dan menyebarluaskan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni melalui pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Dalam hal ini, undang-undang tersebut juga menyebutkan bahwa kedudukan dosen adalah sebagai tenaga profesional pada jenjang pendidikan tinggi yang diangkat sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Sedangkan profesional dalam undang-undang tersebut didefinisikan sebagai pekerjaan atau kegiatan yang dilakukan oleh seseorang dan menjadi sumber penghasilan kehidupan yang memerlukan keahlian, kemahiran atau kecakapan yang memenuhi standar mutu atau norma tertentu serta memerlukan pendidikan profesi.

Selaras dengan laju tekanan globalisasi yang semakin besar, tugas perguruan tinggi mengalami tantangan profesionalisme yang meningkat pula. Light, Cox & Calkins (2009: 11) menyebutkan bahwa tantangan profesionalisme proses belajar dan mengajar di perguruan tinggi ditandai oleh beberapa hal sebagai berikut (1) meningkatnya jumlah mahasiswa setiap tahun, (2) berkembangnya keragaman latar belakang, pengalaman, dan kebutuhan serta harapan dari mahasiswa, (3) daya transfer dari kurikulum yang digunakan dan kemampuannya dalam menyediakan kompetensi-kompetensi global yang

dibutuhkan lulusan, (4) tingkat penyebaran teknologi yang sangat intensif dan harapan-harapan penggunaannya dalam kegiatan akademik termasuk peluang-peluang penggunaan teknologi pembelajaran elektronik untuk pembelajaran jarak jauh, dan (5) pergeseran konsep berpikir dari mengajar ke belajar, dan dari penyampaian pengetahuan ke pengembangan belajar mandiri untuk menemukan dan merekonstruksi pengetahuan. Dengan memperhatikan tantangan profesionalisme yang begitu besar tersebut institusi pendidikan tinggi perlu menyusun strategi yang efektif agar bisa dapat mencapai misinya secara tepat.

2. Pendidikan Tinggi Teknik

Pendidikan tinggi teknik merupakan bagian dari sistem pendidikan tinggi yang diselenggarakan oleh institusi pendidikan tinggi teknik atau perguruan tinggi teknik dalam bentuk fakultas teknik di universitas, sekolah tinggi teknik, akademik teknik, politeknik maupun institut teknik/teknologi. Pemahaman terhadap istilah pendidikan tinggi teknik akan menjadi utuh jika diawali dengan pemahaman terhadap istilah teknik itu sendiri. Maillardet (2004: 27-28) mengibaratkan istilah teknik (*engineering*) sebagai bangku berkaki tiga (*a three legged stool*) dengan matematika, sains dan rekayasa sebagai tiga penyangganya. Kata rekayasa dalam bagian makna teknik merupakan faktor untuk membedakan karakteristik seorang sarjana teknik (*engineer*) dari seorang ahli sains (*scientist*), dan diberi makna sebagai kemampuan kreatif untuk memahami, merancang dan membuat suatu produk teknologi (*to conceive, design and make*). Dalam konteks ini, tugas seorang ahli sains adalah mengembangkan ilmu pengetahuan yang dapat digunakan sebagai landasan untuk memecahkan berbagai persoalan kemanusiaan,

sedangkan tugas seorang sarjana teknik adalah memahami hasil-hasil penemuan tersebut dan meneruskannya dengan merancang serta membuat produk teknologi sesuai kebutuhan masyarakat sebagai usaha dari penyelesaian masalah kemanusiaan.

Board on Engineering Education (1995: 15) mendefinisikan teknik sebagai studi tentang sistem-sistem natural dan/atau sistem-sistem dan proses-proses yang dibuat manusia dengan tujuan akhir memperoleh pengetahuan yang dapat digunakan untuk melakukan rekayasa sistem, produk, proses dan jasa. Sebagai perbandingan, sains didefinisikan sebagai studi tentang sistem-sistem alami termasuk di dalamnya fisika, matematika, biologi, tingkah laku dan sosial/ekonomi yang ditujukan untuk menemukan pengetahuan baru dan meningkatkan pengetahuan manusia terhadap sistem-sistem tersebut. Berdasarkan definisi tentang teknik dan sains tersebut, terlihat bahwa hal pokok yang membedakan sarjana teknik dari sarjana sains adalah pada kemampuannya melakukan rekayasa dalam bentuk pemahaman, perancangan dan pembuatan suatu sistem, proses, produk dan jasa teknologi.

Bagi sarjana teknik di Indonesia, selain mengemban tugas seperti telah disampaikan oleh Maillardet dan *Board on Engineering Education* di atas, bertugas pula melakukan usaha-usaha adaptasi terhadap produk-produk teknologi dari negara asing sehingga bisa dimanfaatkan oleh masyarakat lokal. Adi Susanto (2004: 459) dalam kesempatan penyampaian pidato guru besarnya, menyatakan bahwa tugas para sarjana teknik di Indonesia adalah meyakinkan diri bahwa teknologi yang umumnya diserap dari negara-negara maju akan positif bagi kemanusiaan dan bukan merupakan sesuatu yang tidak mengandung idealisme

atau bahkan bersifat sia-sia. Dengan memperhatikan pengertian tentang teknik dan tugas sarjana teknik tersebut dapat dinyatakan bahwa pengertian *engineer* adalah orang yang memiliki pengetahuan yang baik terhadap matematika dan sains serta menggunakan keduanya sebagai landasan untuk membangun kemampuan kreatif dalam memahami, merancang, membuat dan mengadaptasi suatu sistem, proses, produk dan jasa teknologi sehingga dapat bermanfaat bagi nilai-nilai kemanusiaan.

a. Tujuan Pendidikan Tinggi Teknik

Sejalan dengan pengertian teknik dan sarjana teknik seperti telah dikemukakan di atas, dalam *Rethinking Engineering Education* dinyatakan bahwa tujuan pendidikan tinggi teknik adalah menyediakan berbagai keperluan belajar bagi mahasiswa agar memperoleh sukses sebagai ahli teknik atau sarjana teknik yang memiliki keahlian teknis, kepedulian sosial dan kemampuan inovasi (Crawley, et al., 2007: 1). Jika tujuan pendidikan tinggi teknik ini dihubungkan dengan pengertian teknik dan tugas sarjana teknik baik yang dikemukakan oleh Maillardet, *Board on Engineering Education* maupun Adhi Susanto seperti di atas, maka diperoleh pengertian bahwa selain harus memiliki kompetensi dalam matematika, sains, dan rekayasa, seorang sarjana teknik yang dihasilkan dari sebuah institusi pendidikan tinggi teknik juga harus memiliki kepedulian sosial dan kemampuan inovasi dalam menyelesaikan berbagai persoalan yang berkembang di masyarakat.

Selain harus memiliki berbagai kompetensi seperti telah disebutkan di atas, menurut *the Council for National Academic Awards (CNAA)*, *the*

Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), dan *the Higher Education Quality Council* (HEQC) para lulusan perguruan tinggi teknik harus memiliki kemampuan yang dibutuhkan oleh *stake holder* mencakup kemampuan; (1) menggunakan keterampilan kunci untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan teknik, (2) menstrasformasikan sistem yang ada ke dalam bentuk model konseptual, (3) mentrasformasikan model konseptual ke dalam model tertentu, (4) menggunakan model-model tertentu untuk menentukan spesifikasi sistem dalam konteks nilai-nilai parameter, (5) memilih spesifikasi yang optimum dan menciptakan model fisik, (6) mengaplikasikan hasil dari model fisik ke dalam bentuk penciptaan sistem real, dan (7) melakukan *review* secara kritis terhadap sistem real dan kinerja personal (Maillardet, 2004: 29-30). Dengan demikian, tujuan penyelenggaraan pendidikan tinggi teknik juga harus mampu menghasilkan *outcome* dalam bentuk lulusan yang memiliki ke tujuh atribut yang harus disandang oleh para sarjana teknik tersebut.

Jika tujuan pendidikan tinggi teknik ini dihubungkan dengan pelaksanaan misi tridharma perguruan tinggi, maka melalui perguruan tinggi teknik dapat diselenggarakan kegiatan pengkajian, penelitian dan pengembangan rancang bangun, metode, teknik, prosedur, model, prototipe, piranti, dan bahan yang dibutuhkan oleh industri barang dan jasa sebagai bentuk implementasi dharma penelitian. Melalui perguruan tinggi teknik juga dapat diselenggarakan berbagai bentuk proses pembelajaran kepada mahasiswa untuk menguasai salah satu cabang ilmu teknik seperti tatap muka di kelas, kegiatan praktikum di laboratorium, maupun bentuk kegiatan pembelajaran lainnya seperti kerja praktik dan praktik industri. Untuk mengimplementasikan misi pengabdian kepada

masyarakat, perguruan tinggi teknik dapat dijadikan sebagai wahana melakukan upaya perubahan masyarakat melalui penerapan dan sosialisasi hasil-hasil pengembangan teknologi.

b. Karakteristik Pendidikan Tinggi Teknik

Pelaksanaan misi tridharma oleh institusi pendidikan tinggi teknik khususnya dharma pendidikan dan pengajaran dilaksanakan dengan tetap mengikuti kaidah-kaidah penyelenggaraan pendidikan pada umumnya yakni memperhatikan aspek kognitif, afektif dan psikomotorik. Dalam hal ini dapat dikemukakan bahwa kemampuan menguasai matematika dan sains sebagai landasan pemahaman, perancangan dan pembuatan sistem, proses, produk, dan jasa teknologi bagi sarjana teknik merupakan bagian dari usaha-usaha proses pendidikan tinggi teknik yang masuk dalam ranah kognitif. Kepedulian sosial yang tinggi seperti tumbuhnya sikap *sense of crisis* dari seorang sarjana teknik adalah kemampuan-kemampuan yang dapat dikategorikan sebagai hasil proses pendidikan tinggi teknik yang masuk dalam ranah afektif. Sedangkan pada ranah psikomotorik, proses pendidikan tinggi teknik menghasilkan sarjana teknik yang memiliki ketrampilan teknis, mampu mengembangkan kreativitas dan daya inovasinya untuk menyelesaikan masalah-masalah teknik di lingkungan masyarakat. Walaupun dalam proses pendidikannya tetap memperhatikan ketiga ranah tersebut, namun secara spesifik pendidikan tinggi teknik memberikan penekanan-penekanan pada ranah tertentu. Menurut Sonhadji (2002: 7-9) karakteristik pendidikan tinggi teknik mencakup tiga hal yakni menekankan pada

ranah psikomotorik, mengikuti perkembangan teknologi dan berorientasi pada bidang pekerjaan.

Mengacu pada karya Harmon, Finch & Crukilton (1989), selanjutnya Sonhadji mendeskripsikan bahwa penekanan pada ranah psikomotorik dalam penyelenggaraan pendidikan tinggi teknik berhubungan dengan aspek tujuan kinerja fisik (*physical performance objectives*) yang meliputi; (1) membuat identifikasi fisik, (2) melakukan tindakan fisik sederhana, (3) melakukan tindakan fisik kompleks, (4) melakukan tindakan keterampilan fisik, (5) melakukan tindakan yang tepat untuk menyelesaikan masalah, dan (6) menentukan kualitas produk yang layak. Sedangkan untuk ranah kognitif dihubungkan dengan tujuan kinerja verbal (*verbal performance objectives*) dan ranah afektif diasosiasikan dengan tujuan kinerja sikap (*attitudinal performance objectives*).

Fenomena perkembangan teknologi yang semakin pesat dari waktu ke waktu menjadikan pendidikan tinggi teknik harus senantiasa melakukan pemantauan, reposisi dan sekaligus mencari strategi yang tepat untuk membekali para mahasiswanya agar mampu mengikuti dan beradaptasi dengan perubahan-perubahan tersebut. Dalam hal ini Calhoun & Finch (1982) yang dikutip oleh Sonhadji (2002: 8) menyatakan bahwa program-program instruksional yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi teknik harus fleksibel, agar mampu merespons perkembangan teknologi yang sangat pesat tersebut. Relevan dengan pernyataan Calhoun dan Finch, Dodi Tisna Amidjaja (2007: 42-50) mengatakan bahwa faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi perkembangan pendidikan di dalam dua dasawarsa yang akan datang meliputi demografi, ekonomi, kemajuan IPTEK, lingkungan, sosial dan kultural, serta hubungan internasional. Kecepatan

perkembangan teknologi yang sangat akseleratif dan diikuti oleh perubahan-perubahan sosial dan ekonomi telah mengubah secara mendasar karakteristik pekerjaan sehingga perguruan tinggi teknik perlu senantiasa menyesuaikan diri. Menurut Adhi Susanto (2004: 459), penyesuaian diri pendidikan tinggi teknik terhadap pesatnya perkembangan teknologi meliputi pula proses-proses adaptasi teknologi dari negara asing karena dampak teknologi yang diimpor akan ditentukan oleh manusianya sendiri khususnya para pekerja seperti sarjana teknik yang mendatangkan, menyebarluaskan, memiliki, menggunakan hingga sekedar mereka yang ikut memanfaatkannya.

Akibat pengaruh arus globalisasi maupun perkembangan IPTEK yang sangat pesat, saat ini dunia kerja mengalami perubahan-perubahan karakteristik yang sangat fundamental. Pada dekade terakhir ini karakter dunia kerja telah berubah dengan *trend* yang sulit diprediksi. Huhman (2009) menemukan beberapa *trend* dunia kerja saat ini yakni kalangan dunia kerja; (1) banyak memanfaatkan *social media* untuk menguatkan *brand*, menciptakan *image* perusahaan atau sebagai media komunikasi dengan *customer* dan klien, (2) cenderung mengganti karyawan berkinerja rendah dengan karyawan berkinerja tinggi, (3) menerapkan kebijakan *green work environment*, (4) cenderung memilih karyawan yang memiliki kemampuan berkomunikasi minimal dalam dua bahasa (*bilingual*), (5) cenderung mempertahankan para pensiun agar tetap bekerja, (6) mempekerjakan karyawan kontrak atau *freelance*, (7) membuat pengaturan kerja yang fleksibel, (8) melakukan pemotongan tunjangan, dan (9) mempekerjakan kembali karyawan yang sudah diberhentikan. Berbagai kecenderungan karakteristik dunia kerja yang ada saat ini, dapat digunakan oleh dunia perguruan tinggi teknik sebagai landasan

dalam mengembangkan strategi pembekalan mahasiswanya agar keinginan untuk memperoleh alumni yang dapat memenuhi harapan *stake holders* dapat tercapai.

Selain perlu memperhatikan perubahan-perubahan karakteristik dunia kerja, institusi pendidikan tinggi teknik juga perlu memperhatikan tuntutan-tuntutan khusus yang muncul dari lingkungan dunia kerja. *The Conference Board of Canada* menyebutkan bahwa tuntutan dunia kerja terhadap lulusan perguruan tinggi adalah dihasilkannya lulusan yang memiliki keterampilan yang dibutuhkan oleh dunia kerja meliputi (1) keterampilan berkomunikasi lewat *reading, writing, speaking*, dan *listening*, (2) kemampuan belajar secara mandiri, (3) keterampilan sosial mencakup etika, sikap positif, tanggungjawab, kerja tim, dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan-perubahan lingkungan yang sangat cepat, (4) keterampilan berpikir meliputi penyelesaian masalah secara kritis, logis, dan numeris, serta (5) keterampilan memperoleh dan memroses informasi (Bates & Poole, 2003: 16).

Selain menekankan pada aspek psikomotorik, mengikuti perkembangan teknologi dan berorientasi pada pekerjaan, pendidikan tinggi teknik juga memiliki sifat fleksibel dan adaptif. Kedua sifat tersebut diperlukan mengingat di lingkungan perguruan tinggi teknik muncul kecenderungan umum yakni selalu menampilkan sikap konservatif baik dari segi metode pedagogik yang digunakan, termasuk di dalamnya kurikulum, maupun dari segi sikap-sikap kelembagaannya. Konservativisme pada kedua hal itu akan menjadikan perguruan tinggi teknik bersifat lamban dalam memberikan respons terhadap stimulus-stimulus dari luar seperti pesatnya perkembangan teknologi, berubahnya tingkat kebutuhan masyarakat, pemerintahan maupun dunia kerja dan industri. Dalam upaya

peningkatan fleksibilitas dan adaptabilitas, *Board on Engineering Education* (1995: 32-33) menyarankan agar perguruan tinggi teknik menjalin kolaborasi interdisipliner dengan berbagai bidang ilmu seperti sains, seni dan bisnis guna peningkatan dan pengembangan kemampuan dalam bidang penelitian maupun aspek pedagogik. Sedangkan untuk peningkatan vitalitas dan relevansi program-program yang dijalankan, disarankan juga oleh *Board on Engineering Education* agar perguruan tinggi teknik bekerjasama dengan pihak pemerintah dan industri.

c. Program Studi Teknik Elektro

Program Studi Teknik Elektro merupakan salah satu bagian dari perguruan tinggi teknik yang menyelenggarakan pendidikan teknik dalam beberapa spesialisasi yang berhubungan dengan aplikasi kelistrikan. Dalam kamus *American Heritage Dictionary*, teknik elektro diartikan sebagai cabang dari teknik yang berhubungan dengan teknologi kelistrikan khususnya disain dan aplikasi dari rangkaian dan peralatan untuk keperluan pembangkitan dan pendistribusian daya, pengontrolan mesin-mesin listrik serta komunikasi. Definisi lain tentang teknik elektro dapat ditemukan dalam kamus *Britanica Ensiklopaedia* yang menyebutkan bahwa teknik elektro adalah cabang dari teknik yang berhubungan dengan aplikasi praktis dari listrik dalam segala bentuknya, termasuk bidang elektronik.

Definisi yang lebih spesifik dan banyak digunakan orang termasuk oleh kalangan perguruan tinggi di Indonesia diberikan oleh Irwin & Kerns. Dalam *Introduction to Electrical Engineering*, Irwin & Kerns (1995: 3-11) mendefinisikan teknik elektro sebagai salah satu cabang ilmu teknik tentang aplikasi listrik yang melibatkan konsep, perancangan, pengembangan, dan

produksi perangkat listrik dan elektronik yang dibutuhkan oleh masyarakat. Definisi ini nampaknya sangat populer dan menemukan esensinya sehingga banyak digunakan baik oleh kalangan penyusun ensiklopedia maupun pengambil kebijakan dalam bidang pendidikan teknik.

Selanjutnya Irwin & Kerns menyatakan bahwa bidang teknik elektro terbagi ke dalam tujuh spesialisasi atau konsentrasi yakni teknik tenaga listrik, teknik elektromagnetik, teknik telekomunikasi, teknik elektronika, teknik kendali, teknik komputer, dan teknik rekayasa sistem. Dalam perkembangannya, spesialisasi-spesialisasi teknik elektro tersebut mengalami perubahan istilah disesuaikan dengan visi dan keinginan masing-masing perguruan tinggi yang menyelenggarakan program-programnya.

Penyelenggaraan program studi teknik elektro pada masing-masing perguruan tinggi memiliki tingkat keragaman yang berbeda-beda. Perguruan tinggi dengan sumber daya yang cukup cenderung menyelenggarakan program studi teknik elektro dengan mengambil semua bidang konsentrasi yang ada, namun bagi perguruan tinggi-perguruan tinggi dengan sumber daya yang terbatas akan memilih konsentrasi-konsentrasi tertentu saja. Situasi seperti ini wajar terjadi mengingat setiap penyelenggaraan konsentrasi akan memberikan tuntutan tersedianya SDM yang bermutu, dukungan infrastruktur dan fasilitas seperti ruangan kuliah dan sarana laboratorium yang memadai serta dukungan-dukungan lainnya yang berimplikasi pada penyediaan dana penyelenggaraan.

Ciri khas masing-masing konsentrasi di lingkungan program studi Teknik Elektro baik yang berhubungan dengan *raw input* yang dipersyaratkan, proses yang diselenggarakan maupun hasil pendidikan yang diharapkan, dicerminkan

oleh rumusan tujuan masing-masing konsentrasi tersebut. Walaupun rumusan tujuan konsentrasi pada setiap perguruan tinggi yang menyelenggarakan program studi Teknik Elektro berbeda-beda sesuai dengan visi dan misinya, namun secara umum memiliki kesamaan esensi. Hasil pencermatan terhadap berbagai perguruan tinggi yang menyelenggarakan program studi Teknik Elektro, ditemukan adanya kesamaan esensi dalam rumusan tujuan pada masing-masing konsentrasi. Dengan melakukan beberapa penyesuaian terhadap rumusan-rumusan tersebut dapat dikemukakan tujuan pada masing-masing konsentrasi di lingkungan program studi Teknik Elektro jenjang program strata satu seperti pada tabel 2.

Tabel 2.
Tujuan Konsentrasi di Lingkungan Program Studi Teknik Elektro
Jenjang Program Strata Satu

Konsentrasi	Tujuan
Teknik Tenaga Listrik	Menyiapkan mahasiswa pada penguasaan (1) azas pembangkitan, penyaluran dan penggunaan energi listrik, (2) kemampuan perancangan, analisis, perencanaan, pengoperasian, pemeliharaan sistem tenaga dengan unjuk kerja sesuai keinginan, dan (3) kemampuan memanfaatkan teknologi komputer dan informatika untuk mengelola energi listrik dengan efektif dan efisien.
Teknik Elektronika	Menyiapkan mahasiswa pada penguasaan (1) cara perancangan piranti elektronika dengan tugas dan fungsi tertentu, dan (2) kemampuan pengolahan isyarat dari suatu bentuk menjadi bentuk isyarat yang lain dengan ciri-ciri tertentu yang diimplementasikan dalam sistem/perangkat analog maupun digital.
Teknik Telekomunikasi	Menyiapkan mahasiswa pada penguasaan teknologi telekomunikasi dan azas dalam komunikasi modern yang terintegrasi dengan teknologi komputer dan informatika.
Teknik Kontrol	Menyiapkan mahasiswa pada penguasaan azas pengendalian sistem dinamis pada berbagai kebutuhan industri.
Teknik Komputer	Menyiapkan mahasiswa pada penguasaan (1) azas perancangan dan pengoperasian komputer baik sebagai unit terpisah maupun dalam sistem jaringan secara <i>hardware</i> maupun <i>software</i> , dan (2) teknik informatika untuk menganalisis, merancang dan mengembangkan algoritma yang efisien bagi pengolahan informasi.

Selain diarahkan pada tujuan sesuai dengan konsentrasi yang ada, berdasarkan Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 232 Tahun 2000 Tentang Pedoman Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi dan Pedoman Penilaian Hasil Belajar Mahasiswa, penyelenggaraan program studi Teknik Elektro jenjang program strata satu diarahkan pada hasil lulusan yang memiliki kualifikasi sebagai berikut: (1) menguasai dasar-dasar ilmiah dan ketrampilan dalam bidang keahlian tertentu, sehingga mampu menemukan, memahami, menjelaskan, dan merumuskan cara penyelesaian masalah yang ada di dalam kawasan keahliannya, (2) mampu menerapkan ilmu pengetahuan dan keterampilan yang dimilikinya sesuai dengan bidang keahliannya dalam kegiatan produktif dan pelayanan kepada masyarakat dengan sikap dan perilaku yang sesuai dengan tata kehidupan bersama, (3) mampu bersikap dan berperilaku dalam membawakan diri berkarya di bidang keahliannya maupun dalam berkehidupan bersama di masyarakat, (4) mampu mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau kesenian yang merupakan keahliannya. Selanjutnya dalam keputusan itu disebutkan bahwa beban studi program sarjana sekurang-kurangnya 144 (seratus empat puluh empat) SKS (satuan kredit semester) dan sebanyak-banyaknya 160 (seratus enam puluh) SKS yang dijadwalkan untuk 8 (delapan) semester dan dapat ditempuh dalam waktu kurang dari 8 (delapan) semester dan selama-lamanya 14 (empat belas) semester setelah pendidikan menengah.

d. Kurikulum Program Studi Teknik Elektro

Untuk mencapai tujuan-tujuan tersebut secara efektif, penyelenggaraan program studi Teknik Elektro memerlukan berbagai dukungan seperti

infrastruktur dan fasilitas laboratorium yang memadai, SDM berkualitas dan kurikulum yang fleksibel. Penyusunan kurikulum program studi Teknik Elektro perlu memperhatikan faktor-faktor yang terkait dengan penyiapan mahasiswa agar menjadi sarjana teknik yang mampu menjalani profesinya secara fleksibel dalam lingkungan industri dan masyarakat produktif. Menurut *Board on Engineering Education* (1995: 77), kurikulum pendidikan tinggi teknik khususnya di tingkat sarjana atau strata satu perlu memperhatikan tiga hal yakni (1) kurikulum harus menyediakan matakuliah yang diperlukan dalam menyiapkan mahasiswa memasuki dunia profesi sarjana teknik pada bidang-bidang profesi yang dipilihnya, (2) kurikulum harus menyediakan sejumlah matakuliah yang mampu memberikan dasar-dasar yang kuat pada karir di bidang teknik maupun di bidang lain seperti bisnis atau layanan publik, dan (3) kurikulum harus mampu menjadikan mahasiswa memiliki kepedulian terhadap hubungan antara bidang teknik dengan masyarakat industri, menyiapkan mahasiswa agar mampu menduduki posisi dalam kepemimpinan masyarakat industri maupun masyarakat produktif.

Selanjutnya, *Board on Engineering Education* (1995: 78) menyarankan agar dapat memenuhi harapan-harapan tersebut, maka kurikulum sarjana teknik harus: (1) menyediakan pengetahuan yang luas dan padat tentang konsep-konsep dasar bidang teknik dan sains, (2) menyediakan kajian yang mendalam sekurang-kurangnya dalam satu bidang teknik dan salah satu bagiannya ditujukan pada pengembangan aspek bisnis dan manajemen di lingkungan bidang teknik sesuai dengan perkembangan global, (3) memasukkan keterampilan-keterampilan teknis ke dalam kajian-kajian yang disediakan seperti program magang di perusahaan-

perusahaan, (4) menyediakan kemampuan untuk memahami masalah-masalah kemasyarakatan terkini yang penyelesaiannya dilakukan lewat aplikasi teknologi, (5) menyediakan tingkat fleksibilitas keahlian yang lebih besar di luar bidang teknik, (6) menanamkan kecakapan belajar mandiri, (7) membentuk budaya dan pencitraan baru tentang pendidikan teknik yang ramah dan menarik bagi mahasiswa.

Sedangkan prinsip yang perlu digunakan dan diimplementasikan untuk mencapai hal tersebut menurut *Board on Engineering Education* adalah (1) pengintegrasian bahan-bahan baru dari berbagai perspektif ke dalam kurikulum menggunakan pendekatan seperti: pada tahun pertama diberikan matakuliah-matakuliah yang berhubungan dengan transformasi sosial oleh bidang teknik dengan contoh-contoh nyata, pengenalan aplikasi atau ilustrasi teknik ke dalam matakuliah matematika dan sains yang diambil oleh mahasiswa teknik, pengenalan studi kasus ke dalam matakuliah sains teknik, peningkatan perhatian pada isi matakuliah-matakuliah semester akhir dengan latihan-latihan teknis lewat kajian inovasi dan masalah-masalah terbaru, pengenalan sejak dini proses penyusunan tugas akhir khususnya cara mahasiswa dalam menggali ide, melakukan penelitian dan menulis naskah laporan hasil secara rinci, atau dalam merancang dan membangun prototipe pada sistem teknik terbaru, (2) pengintegrasian ke dalam kurikulum sejumlah konsep seperti: penumbuhan rasa nyaman dan senang dalam proses pembelajaran teknik, pengalaman melakukan perancangan dan penelitian termasuk presentasi hasilnya oleh sebuah tim kerja, kajian akademik dari latihan keteknikan, fenomena globalisasi teknologi termasuk pemahaman terhadap kebudayaan lain dan apresiasi seni liberal, bisnis, ekonomi,

pemasaran, manufaktur dan resiko yang menyertainya, pengembangan berkelanjutan dari suatu lingkungan, manajemen teknik termasuk interaksi efektif dengan dunia pasar dan personal pendukung teknis, (3) pengembangan aktivitas guna membantu mahasiswa dalam melihat berbagai situasi lingkungan yang memberikan dampak sinergis terhadap pelaksanaan kurikulum seperti aktivitas-aktivitas yang mampu memberikan pengetahuan tentang hubungan teknologi dan politik, teknologi dan seni, atau teknologi dan agama, (4) eliminasi terhadap beberapa bahan dan matakuliah sejenis yang menimbulkan redundansi dari kurikulum yang sedang dijalankan (5) penggunaan waktu empat tahun untuk program sarjana teknik dan tambahan satu tahun untuk pendalaman spesialisasi dan profesi keteknikan.

Relevan dengan faktor-faktor yang perlu diperhatikan dan prinsip-prinsip yang harus digunakan dalam proses penyusunan kurikulum pendidikan tinggi teknik seperti telah dikemukakan di atas, dalam pedoman penyusunan kurikulum sesuai Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 232 Tahun 2000, dinyatakan bahwa setiap program studi harus menggunakan kurikulum dengan struktur terdiri atas kurikulum inti dan kurikulum institusional. Kurikulum inti merupakan kelompok bahan kajian dan pelajaran yang harus dicakup dalam suatu program studi yang rumusannya berlaku secara nasional. Struktur kurikulum inti terdiri atas kelompok matakuliah pengembangan kepribadian, kelompok matakuliah yang mencirikan tujuan pendidikan dalam bentuk penguasaan ilmu pengetahuan dan ketrampilan, keahlian berkarya, sikap berperilaku dalam berkarya, dan cara berkehidupan bermasyarakat, sebagai persyaratan minimal yang harus dicapai peserta didik dalam penyelesaian suatu program studi. Sedangkan kurikulum

institusional merupakan sejumlah bahan kajian dan pelajaran yang menjadi bagian dari kurikulum pendidikan tinggi, terdiri atas tambahan dan kelompok ilmu dalam kurikulum inti yang disusun dengan memperhatikan keadaan dan kebutuhan lingkungan serta ciri khas perguruan tinggi yang bersangkutan.

Pengertian kelompok-kelompok matakuliah dalam kurikulum program sarjana dapat dikemukakan sebagai berikut: (1) kelompok matakuliah pengembangan kepribadian (MPK) adalah kelompok bahan kajian dan pelajaran untuk mengembangkan manusia Indonesia yang beriman dan bertaqwa terhadap Tuhan Yang Maha Esa dan berbudi pekerti luhur, berkepribadian mantap, dan mandiri serta mempunyai rasa tanggung jawab kemasyarakatan dan kebangsaan, (2) kelompok matakuliah keilmuan dan ketrampilan (MKK) adalah kelompok bahan kajian dan pelajaran yang ditujukan terutama untuk memberikan landasan penguasaan ilmu dan ketrampilan tertentu, (3) kelompok matakuliah keahlian berkarya (MKB) adalah kelompok bahan kajian dan pelajaran yang bertujuan menghasilkan tenaga ahli dengan kekaryaan berdasarkan dasar ilmu dan ketrampilan yang dikuasai, (4) kelompok matakuliah perilaku berkarya (MPB) adalah kelompok bahan kajian dan pelajaran yang bertujuan untuk membentuk sikap dan perilaku yang diperlukan seseorang dalam berkarya menurut tingkat keahlian berdasarkan dasar ilmu dan ketrampilan yang dikuasai, dan (5) kelompok matakuliah berkehidupan bermasyarakat (MBB) adalah kelompok bahan kajian dan pelajaran yang diperlukan seseorang untuk dapat memahami kaidah berkehidupan bermasyarakat sesuai dengan pilihan keahlian dalam berkarya.

Selanjutnya dalam Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 045 Tahun 2002 dinyatakan bahwa pelaksanaan kurikulum suatu program studi harus

menghasilkan kompetensi bagi peserta didik yang terdiri atas kompetensi utama, kompetensi pendukung dan kompetensi lain yang bersifat khusus dan gayut dengan kompetensi utama. Sedangkan elemen-elemen kompetensi terdiri atas (1) landasan kepribadian, (2) penguasaan ilmu dan keterampilan, (3) kemampuan berkarya, (4) sikap dan perilaku dalam berkarya menurut tingkat keahlian berdasarkan ilmu dan keterampilan yang dikuasai, dan (5) pemahaman kaidah berkehidupan bermasyarakat sesuai dengan pilihan keahlian dalam berkarya. Dalam hal ini kurikulum inti merupakan penciri dari kompetensi utama dan bersifat (1) dasar untuk mencapai kompetensi lulusan, (2) acuan baku minimal mutu penyelenggaraan program studi, (3) berlaku secara nasional dan internasional, (4) lentur dan akomodatif terhadap perubahan yang sangat cepat di masa datang, (5) kesepakatan bersama antara kalangan perguruan tinggi, masyarakat profesi, dan pengguna lulusan. Sedangkan kompetensi pendukung, dan kompetensi lain yang bersifat khusus dan gayut dengan kompetensi utama suatu program studi ditetapkan oleh institusi penyelenggara program studi.

Selain perlu mengacu pada peraturan pemerintah maupun saran-saran dari *Board on Engineering Education* seperti telah dikemukakan di atas, penyusunan kurikulum program sarjana teknik perlu memperhatikan pula butir-butir kriteria yang dibuat oleh ABET. Menurut kriteria ABET (2010: 2), kurikulum program pendidikan tinggi teknik harus mampu menghasilkan *outcome* yang mencakup (1) kemampuan mengaplikasikan pengetahuan matematika, sains dan teknik, (2) kemampuan mendisain dan melakukan eksperimen serta menganalisis dan menafsirkan data, (3) kemampuan mendisain sistem, komponen atau proses untuk memenuhi kebutuhan yang diinginkan dalam batasan yang realistik seperti

ekonomi, lingkungan sosial, politik, etika, kesehatan dan keamanan, kelayakan pembuatan dan keberlanjutan, (4) kemampuan untuk bekerja dalam kelompok multidisipliner, (5) kemampuan mengidentifikasi, merumuskan dan menyelesaikan persoalan teknik, (6) pemahaman terhadap tanggung jawab dan etika profesi, (7) kemampuan berkomunikasi secara efektif, (8) pemahaman yang baik pada dampak solusi teknik dalam konteks global, ekonomi, lingkungan dan sosial, (9) pengakuan akan kebutuhan, dan kemampuan untuk terlibat dalam belajar seumur hidup, (10) kemampuan memahami isu-isu kontemporer, dan (11) kemampuan menggunakan cara, keterampilan, alat-alat teknik modern yang diperlukan pada pekerjaan keteknikan.

Berdasarkan strukturnya, penyusunan kurikulum program studi Teknik Elektro juga perlu memperhatikan tata hubungan antara matakuliah yang satu dengan lainnya yang tercermin dalam alokasi matakuliah pada setiap semester. Dalam hal ini, hubungan matakuliah yang satu dengan matakuliah lainnya mencerminkan sekuensi yang harus ditempuh untuk mencapai satu kompetensi yang diinginkan oleh program studi. Untuk semua kompetensi yang ingin dibentuk oleh program studi, tata hubungan dan sekuensi matakuliah membentuk suatu peta kurikulum.

Pencermatan terhadap kurikulum dan silabus matakuliah yang dijalankan pada beberapa program studi Teknik Elektro di Indonesia menunjukkan bahwa kurikulum yang disusun umumnya telah sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan telah memperhatikan serta menggunakan prinsip-prinsip penyusunan kurikulum pendidikan tinggi teknik. Beberapa perguruan tinggi bahkan telah menggunakan kriteria ABET dalam penyusunan

kurikulumnya. Pencermatan pada aspek lain menunjukkan bahwa, walaupun setiap perguruan tinggi yang berada di Indonesia maupun di luar negeri dalam membuat peta kurikulum nampak berbeda-beda, namun untuk suatu kompetensi tertentu yang ingin dihasilkan oleh program studi Teknik Elektro, memberikan esensi yang sama.

e. Matakuliah Teknik Digital

Salah satu matakuliah yang tercantum di dalam kurikulum program studi Teknik Elektro adalah Teknik Digital. Rumusan tujuan mata kuliah ini di berbagai perguruan tinggi teknik pada umumnya sama yakni memberikan pengetahuan dan keterampilan agar mahasiswa mampu merancang dan menganalisis rangkaian digital sederhana yang terdiri atas rangkaian kombinasional dan rangkaian sekuensial. Mata kuliah ini memiliki nama yang berbeda-beda pada setiap perguruan tinggi teknik. Nama-nama yang umum digunakan sebagai nama lain dari matakuliah Teknik Digital antara lain Sistem Digital, Logika Digital, dan Rangkaian Digital.

Matakuliah Teknik Digital dalam struktur kurikulum program studi Teknik Elektro menjadi bagian dari sekuensi matakuliah yang membentuk salah satu kompetensi pendukung seperti Arsitektur Komputer dan Mikroprosesor. Kompetensi pendukung ini selanjutnya akan memberikan kontribusi pada pembentukan kompetensi utama sesuai dengan konsentrasi bidang yang dipilih oleh mahasiswa program studi Teknik Elektro. Oleh sebab itu, matakuliah Teknik Digital ini diselenggarakan pada semester-semester awal karena menjadi matakuliah prasyarat bagi pembentukan kompetensi pendukung tersebut.

Menurut Satuan Acara Perkuliahan yang disusun oleh program studi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan, materi matakuliah Teknik Digital meliputi pokok bahasan seperti disajikan pada tabel 3.

Tabel 3.
Materi Kuliah Teknik Digital Pada Program Studi Teknik Elektro

No.	Pokok Bahasan	Deskripsi
1	Pengantar Teknik Digital	Menguraikan dan menjelaskan tentang: (a) sistem analog dan digital, (b) representasi besaran digital, (c) representasi paralel dan serial, (d) operasi memori dan non-memori, (e) organisasi komputer digital
2	Sistem Bilangan dan Sistem Kode	Menguraikan dan menjelaskan tentang: (a) sistem bilangan desimal, (b) sistem bilangan biner, (c) sistem bilangan heksadesimal, (d) sistem bilangan oktal, (e) konversi antar sistem bilangan, (f) sistem kode BCD, (g) sistem kode excess-3, (h) sistem kode gray, (i) sistem kode alfanumerik (ASCII)
3	Gerbang Logika dan Aljabar Boolean	Materinya terdiri atas: (a) konstanta dan variabel Boolean, (b) tabel kebenaran, (c) gerbang OR, (d) gerbang AND, (e) gerbang NOT, (f) deskripsi rangkaian logika dengan ekspresi Boolean, (g) evaluasi <i>output</i> rangkaian logika, (h) implementasi rangkaian logika dari ekspresi Boolean, (i) gerbang NOR dan NAND, (j) teorema aljabar Boolean, (k) teorema de Morgan, (l) universalitas gerbang NOR dan NAND
4	Rangkaian Logika Kombinasi	Mendesripsikan tentang: (a) bentuk persamaan logika, (b) minimalisasi rangkaian logika dengan aljabar Boolean, (c) perancangan logika kombinasi, (d) metode peta Karnaugh, (e) bentuk NAND dan NOR untuk rangkaian logika, (f) perancangan tanpa tabel kebenaran, (g) rangkaian logika beroutput jamak,
5	Modul-modul Logika Kombinasi	Materinya meliputi: (a) <i>non-equality comparator</i> (<i>exclusive-OR</i> atau XOR), (b) <i>equality comparator</i> (<i>exclusive-NOR</i> atau XNOR), (c) <i>half adder</i> , (d) <i>full adder</i> , (e) <i>full adder</i> paralel, (f) <i>multiplexer</i> , (g) <i>demultiplexer</i> , (h) <i>encoder</i> , (i) <i>decoder</i>
6	Rangkaian Logika Sekuensi	Materinya terdiri atas: (a) flip-flop, (b) analisis rangkaian logika sekuensi, (c) perancangan logika sekuensi
7	Pencacah	Menguraikan dan menjelaskan tentang: (a) pencacah tak serempak, (b) pencacah serempak
8	Register	Materinya terdiri atas: (a) register paralel, (b) register geser, (c) transfer register

3. Konsep Kegiatan Praktik

Penyelenggaraan program studi Teknik Elektro memerlukan pula kegiatan praktik dengan dukungan fasilitas laboratorium yang memadai. Kegiatan praktik sangat penting peranannya dalam pendidikan tinggi teknik karena dapat membantu mahasiswa menemukan pengetahuan yang sedang digalinya. Hal ini ditunjukkan oleh beberapa pandangan seperti Courtois (1993: 275) yang menyatakan bahwa dalam matakuliah keteknikan terkandung dua aspek yang harus ditanamkan pada diri mahasiswa yakni aspek teoritis yang mendeskripsikan berbagai model fisika dan matematika serta aspek praktis yang dikembangkan melalui kegiatan praktik, dan dalam hal ini fungsi kegiatan praktik sebagai penghubung atau jembatan antara konsep-konsep teoritis dengan pengamatan terhadap gejala-gejala fisis.

Pandangan lain tentang pentingnya kegiatan praktik dalam membantu proses akuisisi pengetahuan dikemukakan oleh Brown, Bull & Pendlebury (1997: 98) yang menyatakan bahwa melalui kegiatan praktik, proses belajar menjadi lebih efektif ketika mahasiswa secara aktif mengerjakan tugas-tugas yang tersedia. Sementara Millar, Tiberghien & Marechal (2002: 9) berpandangan bahwa kegiatan praktik dan penyelesaian tugas-tugas kerja di laboratorium mampu menjadi jembatan penghubung antara ranah objek real yakni sesuatu yang dapat diobservasi dan ranah gagasan yang bersifat abstrak guna membangun berbagai pengetahuan pada diri mahasiswa. Selanjutnya dinyatakan pula bahwa melalui kegiatan praktik mahasiswa dapat belajar melakukan penelitian atau penyelidikan dengan pendekatan sistematis dan ilmiah. Berbagai pandangan tersebut telah menguatkan pendapat bahwa kegiatan praktik memiliki peranan

yang sangat besar dalam membantu mahasiswa melaksanakan proses penggalian pengetahuan.

a. Tujuan Kegiatan Praktik

Kegiatan praktik di perguruan tinggi memiliki tujuan (1) meningkatkan keterampilan teknis yang relevan dengan materi kuliah, (2) meningkatkan pengetahuan tentang metode penelitian ilmiah, (3) menguatkan teori dengan kegiatan praktik, (4) mengembangkan keterampilan pemecahan masalah, dan (5) membangun serta memelihara sikap profesional (Brown, Bull & Pendlebury, 1997: 98). Rumusan tujuan tersebut membawa implikasi kepada perlunya para dosen menyeleraskan kegiatan praktik yang dirancang dengan butir-butir tujuan agar penggunaan berbagai sarana yang ada dapat memenuhi fungsinya secara optimal dan efektif.

Para mahasiswa perlu diberikan tugas-tugas praktik yang memberikan kesempatan untuk pengembangan keterampilan yang relevan dengan materi perkuliahan seperti tugas untuk melakukan penyusunan berbagai rangkaian elektronik dan pengujian kinerjanya. Beberapa materi kegiatan praktik juga perlu dirancang agar berimplikasi pada terbentuknya kemampuan melaksanakan prosedur penelitian ilmiah bagi mahasiswa. Usaha-usaha untuk membangun kemampuan penelitian ilmiah ini dapat terlaksana manakala rancangan kegiatannya lebih bersifat *open-ended* yang memungkinkan para mahasiswa dapat secara bebas menuangkan gagasan-gagasan penyelesaian masalah lewat suatu kegiatan praktik.

Materi kegiatan praktik dapat juga diarahkan agar mahasiswa memperoleh fakta-fakta yang berfungsi menguatkan teori yang sudah dipelajari. Untuk mendukung tujuan ini, rancangan kegiatan praktik dapat berbentuk seperangkat alat untuk membuktikan sebuah konsep, hukum atau teori dari pengetahuan yang telah diperoleh mahasiswa. Jika kegiatan praktik diarahkan agar mahasiswa memiliki kemampuan penyelesaian masalah, seperti halnya pada tujuan praktik untuk mengembangkan kemampuan penelitian ilmiah, rancangannya harus mampu mendorong agar mahasiswa dapat secara aktif dan bebas menuangkan gagasan-gagasan penyelesaian masalah. Dalam hal ini rancangan kegiatan praktik juga harus mampu mengarahkan agar para mahasiswa dapat melakukan kerjasama kelompok. Tujuan kegiatan praktik yang terkait dengan pengembangan sikap profesional dapat tercapai jika rancangannya memungkinkan mahasiswa dapat secara disiplin memanfaatkan waktu, jujur, cermat dan teliti dalam melakukan kegiatan observasi, pengumpulan dan analisis data serta penulisan hasil kegiatan. Hal ini dapat dilakukan jika rancangan kegiatan praktik memperhatikan kesesuaian antara materi dan waktu yang disediakan baik yang dialokasikan untuk kegiatan praktik maupun waktu untuk menyusun dan menyerahkan laporan tugas-tugas.

Sementara itu Ma & Nickerson (2006: 8) dengan mengadopsi tujuan pendidikan versi ABET, menyebutkan bahwa tujuan pendidikan dari diselenggarakannya kegiatan praktik mencakup: (1) memberikan pemahaman konseptual, (2) melatih keterampilan disain, (3) melatih keterampilan sosial, dan (4) melatih keterampilan profesional. Deskripsi masing-masing tujuan tersebut disajikan pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4.
Tujuan Penyelenggaraan Kegiatan Praktik Versi Ma & Nickerson

Tujuan	Deskripsi
Memberikan pemahaman konseptual (<i>conceptual understanding</i>)	Pengembangan aktivitas praktik ditujukan untuk membantu mahasiswa memahami dan menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan konsep-konsep penting yang diajarkan melalui tatap muka di kelas
Melatih keterampilan disain (<i>design skills</i>)	Pengembangan aktivitas praktik ditujukan untuk melatih mahasiswa menyelesaikan masalah-masalah yang bersifat terbuka (<i>open-ended</i>) melalui kegiatan perancangan dan konstruksi produk atau proses
Melatih keterampilan sosial (<i>social skills</i>)	Pengembangan aktivitas praktik ditujukan untuk melatih mahasiswa belajar melakukan peran yang produktif sebagai ahli teknik dalam sebuah komunitas atau kelompok
Melatih keterampilan profesional (<i>professional skills</i>)	Pengembangan aktivitas praktik ditujukan untuk melatih mahasiswa mengenal lebih akrab terhadap sikap profesional dan keterampilan teknik yang akan diterapkan dalam dunia kerja profesional setelah mereka lulus

Selain itu, telah dirumuskan pula tujuan kegiatan praktik versi para pendidik teknik. Krivickas & Krivickas (2007: 192) dengan merujuk pada Feisel and Rosa (2005) menyatakan bahwa pada bulan Januari 2002 dengan mengambil tempat di San Diego Amerika Serikat, melalui sebuah konferensi telah dirumuskan tujuan penyelenggaraan kegiatan praktik untuk mahasiswa program sarjana teknik oleh 50 pendidik bidang teknik yang terkenal. Pada konferensi tersebut telah dapat dirumuskan 13 tujuan penyelenggaraan kegiatan praktik untuk mahasiswa program sarjana teknik seperti disajikan pada berikut ini.

Tabel 5.
Tujuan Penyelenggaraan Kegiatan praktik Versi Pendidik Teknik

Tujuan	Deskripsi
Instrumentasi	Mengaplikasikan secara tepat sensor, instrumentasi, dan atau <i>software tools</i> untuk keperluan pengukuran besaran-besaran fisis
Model	Mengidentifikasi kekuatan dan keterbatasan model teori sebagai prediktor watak dunia nyata
Eksperimen	Menemukan pendekatan eksperimen, menentukan peralatan dan prosedur yang tepat, mengimplementasikan prosedur, menginterpretasikan data hasil eksperimen untuk mengkarakterisasi bahan, komponen atau sistem teknik
Analisis Data	Mendemonstrasikan kemampuan pengumpulan, analisis dan interpretasi data untuk mendukung penyusunan kesimpulan. Membuat penilaian orde besaran dan menggunakan sistem satuan pengukuran serta konversinya
Disain	Mendisain, membangun atau merakit komponen, produk atau sistem termasuk di dalamnya menentukan metodologi, peralatan atau bahan, menentukan kebutuhan pengguna, menentukan sistem pengembangan berdasarkan kebutuhan, menentukan sistem pengujian dan <i>debugging</i> prototipe dari sistem atau proses menggunakan alat yang tepat untuk menjamin keamanan
Belajar dari Kegagalan	Mengidentifikasi kegagalan yang disebabkan kesalahan penggunaan peralatan, komponen, kode, konstruksi, proses atau disain dan diteruskan dengan merancang kembali penyelesaian yang efektif
Kreativitas	Mendemonstrasikan pada level yang tepat pemikiran mandiri, kreativitas dan kemampuan dalam penyelesaian masalah dunia real
Psikomotor	Mendemonstrasikan kompetensi dalam memilih, memodifikasi dan mengoperasikan sumber dan alat-alat teknik
Keamanan	Mengidentifikasi kesehatan, keamanan dan persoalan-persoalan lingkungan yang berhubungan dengan aktivitas maupun proses teknologi dan memikirkan tanggungjawab penangannya
Komunikasi	Mengkomunikasikan secara efektif hasil kerja laboratorium dengan audiens khusus secara lisan maupun tertulis dari level ringkasan sampai laporan lengkap
Kerja Tim	Bekerja secara efektif dalam kelompok, seperti menjalankan tugas dan tanggung jawab bersama, memberikan kontribusi individu pada penyelesaian tugas
Etika dalam Laboratorium	Berperilaku dengan standar etika yang tinggi seperti melaporkan hasil berdasarkan informasi yang objektif dan berinteraksi dengan penuh integritas
Kepedulian Terhadap Lingkungan	Menggunakan kepekaan diri untuk mengumpulkan informasi dan menilai berdasarkan ilmu teknik guna memperoleh kesimpulan tentang masalah yang terjadi di lingkungan masyarakat atau dunia real

b. Metode Kegiatan Praktik

Memperhatikan butir-butir tujuan penyelenggaraan kegiatan praktik tersebut, terlihat bahwa terdapat dorongan secara implisit untuk menggunakan metode yang memungkinkan mahasiswa bersikap aktif dalam menjalankan kegiatan agar tujuan kegiatan praktik dalam meningkatkan efektifitas proses pembelajaran dapat tercapai. Beberapa metode kegiatan praktik yang diyakini oleh para ahli pendidikan dapat menciptakan efektivitas yang baik adalah penyelidikan ilmiah (*inquiry*) atau inkuiri dan penemuan (*discovery*).

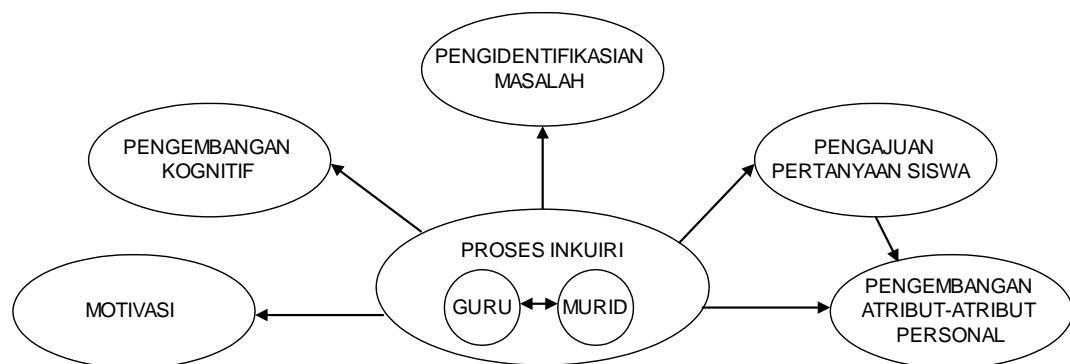
Dengan mengutip hasil survei Garratt & Roberts (1982) serta Hegarty (1982), Brown, Bull & Pendlebury (1997: 99) menyatakan bahwa jika metode inkuiri dan penemuan akan digunakan di dalam pembelajaran praktik, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut, pertama, mahasiswa tidak dapat melakukan kegiatan penelitian yang berarti melalui pembelajaran praktik jika tidak memiliki pengetahuan awal dari hal-hal yang akan dilaksanakan. Dalam hal ini dosen harus merancang aktivitas yang menyediakan kesempatan untuk mempelajari konsep-konsep dasar yang melatarbelakangi materi kegiatan praktik dan keterampilan teknis yang diperlukan. Kedua, jika mahasiswa harus menyusun konsep berdasarkan proses penelitian ilmiah yang pernah dilakukan oleh *scientist* atau *engineer* maka harus diselenggarakan proses pengajaran yang secara eksplisit menjelaskan hal-hal yang dilakukan oleh *scientist* dan *engineer* tersebut beserta sifat penelitian ilmiah yang dilakukan, dan dalam hal ini dapat diselenggarakan beberapa pengajaran yang mungkin dapat tersemat di dalam kegiatan praktik yang berorientasi pada metode inkuiri atau penemuan. Ketiga, jika mahasiswa

harus mengalami proses inkuiri, dosen harus merancang aktivitas belajar yang khusus dan harus dihindari kegiatan praktik yang bersifat *cookbook* atau *cookrecipe*.

Kask (2009: 18) dengan merujuk pada Chiappetta (1997) dan Flick (2006), menyebutkan bahwa inkuiri dapat diartikan sebagai melihat ke atau menyelidiki sesuatu dan secara lebih luas dapat diberi makna sebagai proses pencarian untuk menemukan kebenaran, informasi atau pengetahuan, atau jika dihubungkan dengan proses pembelajaran dapat diartikan sebagai usaha pencarian informasi melalui keterampilan bertanya peserta didik. Sementara Westwood (2008: 28) menyatakan bahwa tujuan diselenggarakannya metode inkuiri dalam pembelajaran adalah agar peserta didik pada semua tingkatan di setiap disiplin memiliki peluang mengajukan pertanyaan, merencanakan dan melaksanakan penelitian, menggunakan alat dan teknik pengumpulan data yang tepat, berpikir kritis dan logis tentang hubungan antara peristiwa dan penjelasannya, serta mengkomunikasikan argumen-argumen yang dibangunnya. Selanjutnya Westwood menyatakan bahwa dalam metode inkuiri, peserta didik dapat belajar mengajukan pertanyaan, berdebat atau melakukan eksplorasi pengetahuan yang lebih dalam dan dengan menggunakan prinsip penemuan, peserta didik tidak hanya sekedar dapat mengingat saja atas pengetahuan yang diperolehnya tetapi juga dapat memahami cara-cara memperoleh pengetahuan serta alasan-alasan pentingnya pengetahuan itu dipelajari.

Kask (2009: 19-21) selanjutnya mengatakan bahwa oleh karena pendidikan mengalami reformasi terus menerus maka aturan-aturan proses dan siklus dalam metode inkuiri berbeda dari masa ke masa. Pada era 1970 sampai

dengan 1980 implementasi metode inkuiri dalam pembelajaran lebih banyak difokuskan pada pembentukan *little scientists*, namun sekarang fokus telah bergeser ke arah penyiapan peserta didik terhadap keterampilan proses inkuiri dan pengambilan keputusan sebagai bagian dari proses belajar sains yang efektif. Proses dan siklus inkuiri terdiri atas beberapa komponen yang diilustrasikan seperti pada gambar 5 di bawah ini. Pada gambar tersebut, komponen motivasi digunakan untuk membangkitkan rasa ingin tahu dan faktor penarik perhatian peserta didik agar terlibat secara penuh dalam proses inkuiri yang dijalankan, sedangkan pengembangan kognitif berlangsung melalui proses belajar topik-topik materi yang disediakan. Proses inkuiri dimulai dari pengidentifikasian masalah dan dalam hal ini peserta didik didorong agar berpeluang mengajukan pertanyaan-pertanyaan dari topik yang dipelajarinya. Selanjutnya, dari proses pengajuan pertanyaan oleh peserta didik, proses harus diarahkan menuju tahap pengembangan atribut-atribut personal.



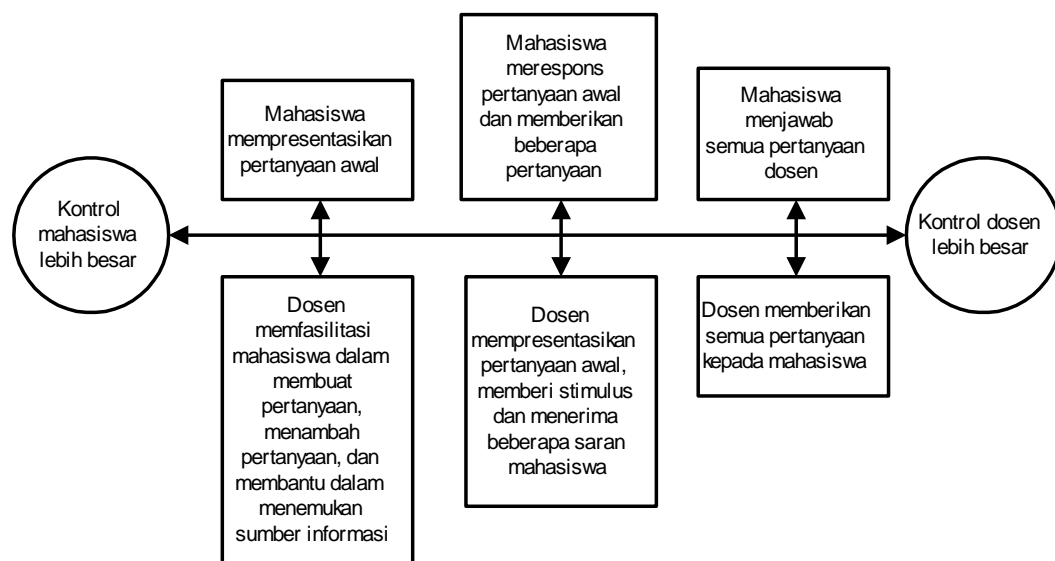
Gambar 5. Tata Hubungan Komponen Dalam Proses Inkuiri

Dari proses inkuiri yang diilustrasikan tersebut, terlihat bahwa siklus inkuiri dimulai dari pengajuan pertanyaan dan diteruskan dengan pengembangan

atribut-atribut personal yang dapat berupa sikap-sikap yang berhubungan dengan aktivitas ilmiah. Dalam konteks ini, Dunkhase (2003) dalam Kask (2009: 22-23) memberikan penjelasan bahwa atribut-atribut personal yang perlu dikembangkan dalam proses inkuiri lebih mengarah pada niat yang kuat untuk menjawab pertanyaan yang diajukan sehingga membentuk siklus inkuiri yang mencakup: (1) pengajuan pertanyaan tentang fenomena alam, (2) mendisain penelitian untuk mencoba menjawab pertanyaan, (3) melaksanakan penelitian untuk mengumpulkan data dan bukti-bukti, (4) menggunakan penalaran dan berpikir logis dalam menginterpretasikan bukti-bukti untuk memperoleh jawaban terbaik dari pertanyaan yang diajukan, dan (5) mem-peresentasikan hasil penelitian ke komunitas. Sementara Omrod (2000) yang dikutip oleh (Westwood, 2008: 28) mengatakan bahwa belajar melalui penyelidikan adalah bentuk terbaik dari belajar berbasis proses inkuiri yang menuntut peserta didik untuk (1) melakukan investigasi terhadap topik yang dipelajarinya, (2) meneliti masalah dengan cara aktif, (3) mengumpulkan informasi yang relevan, (4) menginterpretasikan sebab dan dampak yang relevan serta (5) menarik kesimpulan. Sedangkan Wallace (2003: 986-987) mengatakan bahwa cara terbaik untuk mengembangkan keterampilan peserta didik dalam penyelesaian masalah berbasis inkuiri adalah dengan melibatkannya ke dalam kegiatan praktik yang mengandung kegiatan mengobservasi objek dan peristiwa, mengajukan pertanyaan, mendisain penelitian, mengajukan eksplanasi, mengumpulkan data, dan membandingkan eksplanasi yang diajukan dengan data baru.

Efektivitas metode yang digunakan dalam kegiatan praktik sangat tergantung dari peran mahasiswa dan dosen yang terlibat di dalamnya. Peranan-

peranan itu dicerminkan oleh pola stimulus dan respons dalam bentuk kegiatan tanya jawab antara dosen dan mahasiswa. Dalam hal ini, Sunal, Sundberg & Wright (2008: 15) memberikan ilustrasi hubungan peran dosen dan mahasiswa dengan tingkat keaktifan dalam kegiatan praktik seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 6.
Ilustrasi Hubungan Peranan Dosen dan Mahasiswa
Dengan Tingkat Keaktifan Dalam Kegiatan Praktik

Dari gambar 6 dapat dijelaskan bahwa arah panah ke kiri menunjukkan tingkat keaktifan mahasiswa semakin tinggi dan arah ke kanan tingkat keaktifan semakin rendah. Keaktifan semakin tinggi ketika mahasiswa memperoleh kesempatan untuk menginisiasi pertanyaan dan menemukan jawabannya secara mandiri melalui kegiatan laboratorium. Dalam hal ini peranan dosen hanya terbatas sebagai fasilitator penyelenggaraan kegiatan praktik saja. Selain itu, jika

dihubungkan dengan metode inkuiri, Westwood (2008: 28) menyatakan bahwa berdasarkan konsensus umum, metode inkuiri dan penyelidikan akan lebih efektif dalam membangkitkan keaktifan siswa menuju tercapainya tujuan pembelajaran jika prosesnya dilaksanakan secara hati-hati dan terstruktur, peserta didik memiliki pengetahuan dan keterampilan awal yang dipersyaratkan, dan guru atau dosen menyediakan semua dukungan yang diperlukan dalam proses penelitian atau penyelidikan.

Kegiatan praktik baik di sekolah-sekolah menengah maupun perguruan tinggi biasanya dilaksanakan dalam bentuk kelompok-kelompok kecil (Millar, 2001: 1). Sejalan dengan Millar, Kask (2009: 16) mengatakan bahwa kelompok-kelompok yang dibentuk dalam kegiatan praktik melaksanakan dua kegiatan yakni kooperasi dan kolaborasi. Kegiatan kooperasi dimaksudkan sebagai kegiatan kerjasama dalam satu kelompok untuk saling membagi tugas, sedangkan kolaborasi merupakan kerjasama antar individu dalam kelompok untuk saling memberi penguatan. Kolaborasi merupakan kegiatan yang sangat penting dalam kegiatan praktik karena mampu memotivasi individu dalam kerja kelompok, dan mampu sebagai sarana untuk saling belajar antar individu.

Berbasis pada keaktifan mahasiswa yang ingin dibangkitkan, selanjutnya Sunal, Sundberg & Wright (2008: 15) membagi metode kegiatan praktik dalam empat kategori yakni konfirmasi (*confirmation*), inkuiri terstruktur (*structured inquiry*), inkuiri terbimbing (*guided inquiry*), dan inkuiri terbuka (*open inquiry*). Peran dosen dan mahasiswa pada berbagai jenis aktivitas praktik ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6.
Peran Dosen dan Mahasiswa Dalam Kegiatan Praktik

Jenis Aktivitas Praktik	Peranan Mahasiswa	Peranan Dosen
Korfirmasi	Hadir untuk melihat hal-hal yang dikerjakan dan dikatakan dosen, melaksanakan kegiatan yang diperintahkan untuk memperoleh hasil yang sudah diketahui	Menyediakan pertanyaan, prosedur, materi, hasil yang diharapkan, menetapkan kelayakan jawaban
Inkuiri Terstruktur	Mengamati, menyusun jawaban, dan menentukan pertanyaan-pertanyaan yang sesuai	Menyediakan pertanyaan, prosedur dan material yang digunakan untuk pengamatan dan memfasilitasi peran mahasiswa
Inkuiri Terbimbing	Merencanakan pengamatan, menyusun jawaban, dan menentukan pertanyaan-pertanyaan yang sesuai	Menyediakan pertanyaan, material yang digunakan untuk pengamatan dan memfasilitasi peran mahasiswa
Inkuiri Terbuka	Menentukan pertanyaan, merencanakan pertanyaan, menyusun jawaban, dan menentukan pertanyaan-pertanyaan yang sesuai	Memfasilitasi peran mahasiswa

Tabel 6 di atas menjelaskan bahwa kegiatan praktik akan memberikan tingkat keaktifan yang tinggi pada diri mahasiswa ketika diarahkan ke jenis inkuiri terbuka. Kegiatan praktik ini akan memberikan peluang yang lebih besar kepada mahasiswa untuk berperan secara aktif karena dilihat dari peran mahasiswa seperti tercantum pada tabel 6 di atas, kegiatan ini menuntut peran mandiri mahasiswa.

Sementara Brown, Bull & Pendlebury (1997: 104) membagi metode kegiatan praktik ke dalam lima level eksperimen yakni demonstrasi (*demonstration*), latihan (*exercise*), inkuiri terstruktur (*structured inquiry*), inkuiri terbuka (*open-ended inquiry*), dan proyek (*projects*). Deskripsi dari lima level eksperimen kegiatan praktik tersebut disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 7.
Level Eksperimen Pada Kegiatan Praktik

Jenis Aktivitas Praktik	Deskripsi
Demonstrasi	Biasanya dilakukan untuk mendemonstrasikan prinsip-prinsip yang bersifat teoritis oleh dosen.
Latihan	Eksperimen dengan struktur yang ketat dan dirancang untuk memberikan hasil yang telah diketahui. Mahasiswa mempelajari instruksi-instruksi yang harus diikuti secara cermat dan menjalankan pengamatan, manipulasi serta analisis data dengan teknik sesuai instruksi.
Inkuiri Terstruktur	Eksperimen dengan struktur yang longgar dan dirancang agar mahasiswa dapat memilih bahan-bahan yang diperlukan dan mengembangkan sendiri prosedur eksperimen yang akan dijalankan. Mahasiswa mengembangkan penyelesaian masalah dan keterampilan interpretatif serta keterampilan manual dan pengamatan.
Inkuiri <i>open-ended</i>	Mahasiswa mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah secara jelas, memilih dan mendisain prosedur eksperimen, menginterpretasikan hasil dan memikirkan implikasi-implikasi hasil. Hambatan bagi mahasiswa adalah waktu, peralatan dan bahan yang tersedia. Metode ini merupakan replikasi dari penelitian yang dilakukan ahli sains dan teknik.
Proyek	Berbasis pada eksperimen yang panjang atau eksperimen berseri atau studi lapangan. Proyek dipilih oleh mahasiswa berdasarkan penawaran yang diberikan oleh pembimbing, industri lokal atau komunitas. Produk yang dihasilkan dapat berupa disertasi, disain, model, program komputer atau simulasi. Metode ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengeksplorasi lapangan secara mendalam, mengembangkan inisiatif dan kreatifitas, merangsang keingintahuan, dan mengembangkan keterampilan pengembangan manajemen waktu dan manajemen proyek.

Berdasarkan tabel 6 dan tabel 7 di atas, sekilas nampak terjadi perbedaan pembagian metode kegiatan praktik satu sisi menurut Sunal, Sundberg & Wright dan pada sisi lain menurut Brown, Bull & Pendlebury terutama dalam metode inkuiri. Kedua pembagian tersebut sesungguhnya tidak menimbulkan perbedaan yang esensial karena secara ekstrim dapat dikemukakan bahwa level metode inkuiri dilaksanakan dalam rentang yang bergerak dari level paling minimal yakni investigasi terstruktur sampai dengan level paling tinggi yakni *open-ended* (Westwood, 2008: 28).

Selanjutnya Brown, Bull & Pendlebury mendeskripsikan karakteristik kelima jenis aktivitas praktik tersebut dipandang dari sudut tujuan, bahan dan metode yang digunakan seperti tersaji pada tabel berikut ini.

Tabel 8.
Karakteristik Aktivitas Praktik

Jenis Aktivitas Praktik	Level	Tujuan	Bahan	Metode	Jawaban
Demonstrasi	0	diberikan	diberikan	diberikan	diberikan
Latihan	1	diberikan	diberikan	diberikan	terbuka
Inkuiri Terstruktur	2	diberikan	diberikan sebagian atau seluruhnya	terbuka atau diberikan sebagian	terbuka
Inkuiri <i>open-ended</i>	3	diberikan	terbuka	terbuka	terbuka
Proyek	4	terbuka	terbuka	terbuka	terbuka

Semakin tinggi level aktivitas terlihat bahwa untuk semua aspek yakni tujuan, bahan, metode dan jawaban mengarah ke sifat terbuka. Dalam hal ini sifat terbuka berarti perumusan tujuan, pemilihan bahan dan metode serta penemuan jawaban dilakukan sepenuhnya oleh mahasiswa. Tabel 8 memperlihatkan bahwa

sifatnya menjadi lebih terbuka ketika kegiatan praktik yang dirancang mengarah ke jenis inkuiri. Walaupun Kask (2009: 14) dalam disertasinya, dengan mengutip pandangan Woolnough & Allsop (1985), Hofstein et al. (2005), Kipnis & Hofstein (2005) dan Millar (2005), mengatakan banyak para ahli sepakat bahwa kegiatan praktik efektif untuk mendukung proses pembelajaran, namun tidak semua jenis metode kegiatan praktik memiliki efektivitas yang tinggi. Selanjutnya Kask (2009: 15) menyebutkan bahwa survei yang dilakukan oleh Hofstein et al. (2005), Kipnis & Hofstein (2005) dan Millar (2005) mengindikasikan bahwa metode kegiatan praktik dengan pendekatan *cookrecipe* memberikan efektivitas yang kurang baik dan memiliki nilai instruksional yang rendah karena proyek-proyeknya merupakan aktivitas yang membosankan dan tidak berperan kuat dalam mengantarkan pemahaman mahasiswa. Agar memperoleh efektivitas yang tinggi, rancangan kegiatan praktik disarankan menggunakan metode inkuiri.

Walaupun telah terbukti bahwa metode inkuiri efektif dalam mendukung kegiatan praktik, namun terdapat juga beberapa laporan yang mengindikasikan munculnya masalah-masalah yang menyertai penggunaan metode tersebut. Beberapa masalah yang timbul sebagai akibat penggunaan metode inkuiri menurut Kask (2009: 10) adalah: pertama, metode ini memerlukan penyediaan guru atau dosen yang memiliki pemahaman baik terhadap materi yang akan disampaikan dan keterampilan tinggi dalam penguasaan alat-alat praktik. Tuntutan ini pada beberapa kasus menjadikan beberapa guru cenderung menggunakan interpretasi yang terdistorsi terhadap metode inkuiri (Llewellyn, 2002; Lee, et al., 2004; Windschitl, 2004; Akerson, et al., 2005, Shedletsky &

Zion, 2005, van der Valk & de Jong, 2009), dan tidak melaksanakan metode inkuiri yang sesungguhnya (Chinn & Hmelo-Silver, 2002). Kedua, guru berharap dapat mendisain lingkungan belajar yang layak sehingga peserta didik dapat mencari, membagi, dan membangun pengetahuan serta mengembangkan keterampilan lewat pelaksanaan proses inkuiri secara baik, namun, beberapa penelitian melaporkan bahwa banyak guru tidak mampu melakukan hal tersebut (Fraser & McRobbie, 1995; Sandoval, 2005; Hofstein & Mamlok-Naaman, 2008). Ketiga, peserta didik merasa kurang baik dalam merencanakan kegiatan praktik dan eksperimen yang dilaksanakan oleh guru membosankan sehingga mengurangi sikap positif peserta didik terhadap belajar sains di sekolah (Millar, 2005).

Dengan memperhatikan ketiga persoalan yang menyertai pelaksanaan metode inkuiri tersebut, perlu dipilih metode inkuiri yang sesuai sehingga pelaksanaannya menjadi efektif. Pada tabel 5, tabel 6 dan tabel 7 di atas telah ditunjukkan bahwa dalam metode inkuiri *open-ended*, peran guru atau dosen adalah menyediakan semua bahan dan sumber daya yang diperlukan, sementara peserta didik diberi sedikit arahan, atau bahkan tidak diberi arahan sama sekali, namun pada sisi lain dituntut untuk memilih dan melaksanakan sendiri metode penelitian untuk memperoleh kesimpulan sendiri yang merupakan jawaban terhadap pertanyaan yang diajukan. Westwood (2008: 28) menilai terkadang pendekatan seperti ini berdampak kurang baik, terutama bagi siswa yang kemampuan belajarnya buruk dan mengalami kesulitan dengan penalaran induktif, sehingga ditawarkan metode yang lebih sesuai yakni inkuiri terbimbing. Selanjutnya Westwood mengatakan bahwa alasan menyarankan menggunakan metode ini karena melalui inkuiri terbimbing peserta didik merasa menikmati dan

lebih termotivasi dalam menjalankan proses inkuri (Adkisson & McCoy, 2006: Odom et al., 2007). Jika dilihat hierarki metode inkuri seperti tersaji pada tabel 5, alasan Westwood cukup rasional mengingat posisi inkuri terbimbing di antara inkuri terstruktur dengan sifat instruksi yang sangat ketat dan inkuri *open-ended* dengan sifat instruksi yang sangat longgar.

c. Jenis-jenis Tugas Kegiatan Praktik

Pembelajaran praktik perlu memperhatikan rancangan jenis-jenis tugas yang akan dilaksanakan mahasiswa sesuai jenis aktivitas yang dipilih agar tujuan dapat tercapai secara efektif. Woolnough & Allsop (1985), menyatakan bahwa tugas-tugas kegiatan praktik secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam empat kelompok yakni latihan yang dikerjakan, pengalaman yang diperoleh, penyelidikan yang dilakukan dan ilustrasi teori yang dikaji oleh mahasiswa. Sementara Kirschner & Meester (1988) mengklasifikasikan tugas-tugas kegiatan praktik menjadi (1) formal, untuk mengilustrasikan hukum dan konsep, (2) eksperimental menggunakan metode *open-ended*, (3) divergen, dan (4) keterampilan atau prosedur yang berhubungan. McComas (1997) membagi tugas-tugas kegiatan praktik ke dalam dua klasifikasi yakni (1) faktor fisik berupa aspek-aspek peralatan praktik dan kurikulum, serta (2) faktor personal berupa karakteristik dosen dan mahasiswa. Mendasarkan pada berbagai klasifikasi yang telah dilakukan tersebut, pada akhirnya pengklasifikasian tugas kegiatan praktik dapat dilakukan dengan membaginya menjadi dua dimensi utama yakni dimensi yang berhubungan dengan tujuan pembelajaran dari tugas yang diberikan dan dimensi yang berhubungan dengan rancangan tugas itu sendiri. Berdasarkan pada

klasifikasi tersebut maka tugas-tugas praktik didefinisikan sebagai semua jenis aktivitas belajar sains dan teknik yang melibatkan mahasiswa dalam beberapa hal pada penanganan atau pengamatan objek real atau material atau representasi objek-objek real tersebut dalam rekaman video atau simulasi (Millar, Tiberghien & Marechal, 2002: 35-36).

Dimensi pertama dari tugas kegiatan praktik adalah tujuan pembelajaran, atau disebut juga dimensi hasil pembelajaran yang diharapkan, mencakup dua kategori yakni materi sains atau teknik yang dipelajari dan proses kegiatan penelitian ilmiah yang dilakukan. Tugas-tugas yang harus dikerjakan mahasiswa dalam dimensi ini dan deskripsinya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 9.
Dimensi Tugas Kegiatan Praktik: Tujuan Pembelajaran

Kategori	Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan tugas
Isi	Membantu mahasiswa: a. mengidentifikasi objek dan gejala agar familiar dengan keduanya b. belajar fakta c. belajar konsep d. belajar hubungan e. belajar teori/model
Proses	Membantu mahasiswa belajar: a. menggunakan peralatan praktik standar b. menjalankan prosedur standar c. merencanakan penelitian untuk menjawab masalah tertentu d. melakukan pemrosesan data e. menggunakan data yang diperlukan untuk menarik kesimpulan f. mengkomunikasikan hasil praktik yang telah dilaksanakan

Dimensi kedua dari tugas kegiatan praktik adalah rancangan tugas yang mencakup tiga kategori yakni fitur rancangan tugas, konteks tugas, dan dokumentasi atau rekaman kerja mahasiswa. Tabel berikut ini menunjukkan dimensi rancangan tugas pada kegiatan praktik.

Tabel 10.
Dimensi Tugas Kegiatan Praktik: Rancangan Tugas

Kategori	Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan tugas
Fitur Rancangan Tugas	<ul style="list-style-type: none"> a. Tujuan mahasiswa mengerjakan kegiatan menggunakan objek dan hal-hal yang bisa diamati b. Tujuan mahasiswa mengerjakan kegiatan berdasarkan gagasan-gagasan c. Tugas merupakan objek atau pendorong gagasan d. Derajat keterbukaan tugas e. Sifat mahasiswa yang terlibat dalam tugas
Konteks Tugas	<ul style="list-style-type: none"> a. Durasi tugas b. Interaksi mahasiswa c. Informasi yang diberikan kepada mahasiswa d. Jenis peralatan yang terlibat
Rekaman Kerja Mahasiswa	<ul style="list-style-type: none"> a. Sifat Rekaman b. Tujuan Rekaman c. Audiens Rekaman

Berdasarkan tabel 10, selanjutnya Millar, Tiberghien & Marechal mendeskripsikan bahwa tugas-tugas yang berhubungan dengan tujuan mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktik dapat mencakup (1) penggunaan instrumen observasi (pengukuran), piranti (aransemen) praktik, prosedur praktik, (2) *display* suatu objek, (3) pembuatan objek, bahan atau peristiwa, (4) pengamatan terhadap objek, bahan, peristiwa, atau besaran. Dalam hal ini, sumber data yang dapat diakses mahasiswa dapat meliputi sumber-sumber yang berasal dari dunia real baik dari dalam maupun luar laboratorium, video atau komputer dalam media CD-ROM atau lainnya. Tugas-tugas praktik juga harus dirancang agar pelaksanaannya dapat mendorong mahasiswa bekerja berdasarkan pada gagasan-gagasan yang tumbuh dalam dirinya dan pada sisi lain kegiatan yang dilaksanakan dapat mendorong tumbuhnya gagasan-gagasan penyelesaian masalah. Tugas-tugas yang dirancang perlu pula memperhatikan aspek derajat keterbukaan seperti (1) sifat pertanyaan yang harus diajukan dalam tugas dilakukan oleh dosen,

diputuskan lewat diskusi dosen dan mahasiswa, atau dipilih oleh mahasiswa, (2) peralatan yang akan digunakan, prosedur yang akan diikuti, metode pengumpulan data, interpretasi hasil ditentukan oleh dosen atau dipilih dan dirancang sendiri oleh mahasiswa. Keterlibatan mahasiswa juga perlu diperhatikan agar tugas-tugas yang dirancang dapat membantu mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan. Dalam hal ini kegiatan praktik dapat berbentuk (1) demonstrasi oleh dosen dan mahasiswa mengamati, (2) kerja praktik oleh mahasiswa dalam kelompok kecil, atau (3) kerja praktik oleh mahasiswa secara individual.

Durasi tugas merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam perancangan tugas untuk kategori konteks tugas. Dalam hal ini tugas-tugas dapat dirancang dalam kategori durasi: sangat pendek (kurang dari 20 menit), (pendek sekitar 80 menit), medium, atau panjang (sekitar 2 minggu atau lebih). Konteks tugas juga perlu memperhatikan pola interaksi mahasiswa yang mengerjakan tugas, seperti berinteraksi dengan (1) mahasiswa lain yang mengerjakan tugas praktik yang sama, (2) mahasiswa lain yang telah selesai mengerjakan tugas, (3) dosen, (4) mahasiswa lain yang lebih senior, atau orang lain seperti teknisi atau laboran. Tugas-tugas yang dirancang juga perlu memperhatikan media yang digunakan dalam penyampaian informasi atau instruksi kepada mahasiswa seperti melalui oral, papan tulis/proyektor, panduan lembar kerja, atau buku teks. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam perancangan tugas praktik untuk kategori konteks tugas adalah jenis peralatan yang terlibat seperti: (1) peralatan demonstrasi oleh dosen, (2) perlengkapan praktik standar, (3) perlengkapan antarmuka komputer, atau (4) peralatan sehari-hari atau rumah tangga.

Untuk kategori rekaman kerja mahasiswa, aspek pertama yang perlu diperhatikan dalam perancangan tugas praktik adalah sifat rekaman yang dapat terdiri atas (1) tidak ada rekaman yang ditulis, (2) rekaman dalam bentuk catatan, (3) rekaman dalam bentuk laporan sementara, atau (4) rekaman menggunakan format yang telah ditentukan. Aspek kedua yang perlu diperhatikan adalah tujuan rekaman, mencakup (1) membantu mahasiswa dalam belajar isi maupun proses sains dan teknik, (2) menyediakan bukti-bukti untuk tugas yang dikerjakan, (3) sebagai landasan untuk menilai kinerja mahasiswa, (4) sebagai rekaman yang dapat digunakan mahasiswa dalam memperbaiki/revisi untuk tes atau ujian, atau (5) membantu mahasiswa belajar menulis laporan ilmiah. Rancangan tugas praktik juga perlu memperhatikan audiens rekaman yakni orang-orang yang diperkirakan berkepentingan dengan data-data yang direkam oleh mahasiswa melalui kegiatan praktik mencakup dosen, mahasiswa atau mahasiswa lainnya.

d. Evaluasi Kegiatan Praktik

Seperti halnya kegiatan pembelajaran melalui tatap muka di kelas, kegiatan praktik juga perlu diberikan evaluasi dengan cara-cara yang sistematis. Evaluasi ini sangat penting karena kinerja mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan ditentukan tidak hanya oleh hasil penilaian kegiatan pembelajaran melalui tatap muka di kelas saja, melainkan juga oleh kinerja kegiatan praktik yang dikerjakannya. Integrasi kedua evaluasi tersebut akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap pencapaian mahasiswa dalam mengikuti proses pembelajaran suatu matakuliah.

Evaluasi kegiatan praktik di perguruan tinggi dapat dilakukan melalui berbagai cara seperti pengamatan langsung terhadap aktivitas mahasiswa dalam melakukan praktik, penguasaan mahasiswa terhadap alat-alat praktik, kemampuan mahasiswa dalam menjalankan prosedur praktik maupun kerjasama yang ditunjukkan oleh mahasiswa dalam kelompok kerja. Selain itu, evaluasi juga dapat dilakukan melalui portofolio dalam bentuk laporan praktik yang mencakup butir-butir: (1) pengantar, (2) latar belakang, (3) metodologi, (4) penggunaan peralatan, (5) hasil, (6) analisis data, (7) diskusi, dan (8) kesimpulan (Brown, Bull & Pendlebury, 1997: 100-106).

e. Standar Minimum Peralatan Praktik Teknik Digital

Merujuk pada dokumen standar minimum laboratorium program studi Teknik Elektro yang dikeluarkan oleh DEPDIKNAS, disebutkan bahwa dengan mengingat banyaknya jumlah perguruan tinggi di Indonesia yang menyelenggarakan program studi Teknik Elektro dan kondisi real menunjukkan bahwa fasilitas laboratorium yang dimiliki masing-masing perguruan tinggi tersebut sangat bervariasi, serta agar menghasilkan mutu lulusan yang sama maka penyediaan laboratorium harus memenuhi standar minimum tertentu. Pengaturan ini dilakukan agar (1) lulusan dapat memperoleh keterampilan minimum yang diperlukan sebagai sarjana Teknik Elektro, (2) kualitas institusi pendidikan tinggi yang menyelenggarakan program studi Teknik Elektro dapat dipantau kemajuannya, (3) penilaian terhadap kualitas lulusan dan proses pendidikan dapat dilakukan dengan standar yang sama, dan (4) pada jangka panjang deviasi kualitas

lulusan dan proses pendidikan pada berbagai institusi pendidikan tinggi teknik menjadi semakin kecil (Bambang Anggoro, et al., 2004: 4).

Dalam dokumen tersebut juga disebutkan bahwa karena penamaan laboratorium di setiap perguruan tinggi yang menyelenggarakan program studi Teknik Elektro dapat berbeda-beda, maka penentuan standar minimum dilakukan terhadap kegiatan praktik untuk suatu matakuliah. Kegiatan praktik di lingkungan program studi Teknik Elektro ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 11.
Jenis Kegiatan Praktik Berdasarkan Standar Minimum Laboratorium
Di Lingkungan Program Studi Teknik Elektro

Jenis Praktik	Nama Matakuliah
Dasar	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengukuran dan Pengenalan Alat-alat Ukur b. Dasar Elektronika c. Pemrograman Komputer d. Rangkaian Listrik
Lanjut Konsentrasi: Teknik Tenaga Listrik	<ul style="list-style-type: none"> a. Mesin-mesin Listrik b. Analisis Sistem Tenaga c. Tegangan Tinggi d. Instalasi e. Elektronika Daya dan <i>Motor Driver</i>
Lanjut Konsentrasi: Teknik Elektronika	<ul style="list-style-type: none"> a. Perancangan Elektronika b. Teknik Digital c. Mikroprosesor d. Mikroelektronika
Lanjut Konsentrasi: Teknik Telekomunikasi	<ul style="list-style-type: none"> a. Telekomunikasi Analog b. Telekomunikasi Digital c. Jaringan Telekomunikasi d. Propagasi, <i>Microwave</i> dan Antena e. Multimedia f. Pemrosesan Sinyal Digital
Lanjut Konsentrasi: Teknik Kontrol	<ul style="list-style-type: none"> a. Dasar Kontrol b. Sensor dan Transducer c. <i>Programmable Logic Controller</i> d. Kontrol Digital e. Kontrol Non-Linear f. Pemrosesan Sinyal Digital
Lanjut Konsentrasi: Teknik Komputer	<ul style="list-style-type: none"> a. Pemrograman Lanjut b. Digital dan <i>Interface</i> c. Multimedia d. Jaringan Komunikasi Data e. Pemrosesan Sinyal Digital

Dari tabel 11 terlihat bahwa praktik Teknik Digital termasuk dalam kegiatan praktik lanjut yang wajib diselenggarakan oleh program studi Teknik Elektro. Persyaratan minimum peralatan untuk menyelenggarakan praktik Teknik Digital disajikan pada tabel 12.

Tabel 12.
Persyaratan Minimum Peralatan Untuk Praktik Teknik Digital

Komponen	Persyaratan Minimum	
Kompetensi	Mampu merancang rangkaian digital	
Subtansi Kajian	a. Gerbang Digital Dasar b. Rangkaian Kombinasional c. Rangkaian Sekuensial d. Counter, Register, Adder, Subtractor, Comparator	
Peralatan	Spesifikasi	Kegunaan
a. <i>Software</i> b. IC Digital c. <i>Digital Circuit Trainer</i> d. <i>Power Supply</i> e. <i>Logic Probe</i> f. <i>Oscilloscope</i> g. Signal Generator	Orcad versi 9 IC TTL Standar 0-250VAC, 0-40VDC Pen 20 MHz Sinus, Triangle, Square 100Hz-10MHz	Mensimulasikan rangkaian digital Komponen Eksperimen rangkaian digital Catu daya Menguji logika digital Menampilkan bentuk gelombang Membangkitkan sinyal

Selain perlengkapan peralatan minimal yang harus dipenuhi, penyelenggaraan praktik juga harus didukung dengan penyediaan modul atau panduan yang formatnya disesuaikan dengan jenis metode kegiatan yang dipilih.

f. Jenis Laboratorium

Laboratorium dapat diklasifikasikan dalam berbagai kategori tergantung sudut pandang yang digunakannya. Menurut Pedoman Umum Pemilihan Laboran Berprestasi Tahun 2010 yang diterbitkan juga oleh KEMDIKNAS dinyatakan bahwa laboratorium di perguruan tinggi adalah tempat berlangsungnya kegiatan

praktikum dan penelitian yang mendukung pembelajaran dan pengembangan keilmuan mencakup laboratorium pendidikan dan pengajaran (*teaching laboratory*), laboratorium riset (*research laboratory*), laboratorium dasar terpadu (*basic science laboratory*), laboratorium pengujian (*test laboratory*), laboratorium kalibrasi (*calibration laboratory*), laboratorium simulasi (*simulation laboratory*), bengkel (*workshop*), studio gambar (*CAD; CAM; Audio visual* dan *Fotografi*), rumah kaca (*green house*), dan laboratorium lapangan (*field laboratory*) atau *out-door laboratory*.

Pengaruh globalisasi, tuntutan maupun kebutuhan terkini dari proses pembelajaran sains dan teknik serta perkembangan IPTEK yang sangat cepat berpengaruh secara nyata terhadap perkembangan cara-cara yang digunakan dalam pemanfaatan laboratorium. Bahkan, Lustigova & Lustig (2009: 77) secara ekstrim menyatakan bahwa saat ini produk-produk hasil perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah menginvasi secara langsung di hampir seluruh aspek pendidikan dan dampaknya mampu mengubah tatanan *landscape* laboratorium di lingkungan pendidikan sains dan teknik dari kebiasaan menggunakan laboratorium *hands-on* ke peralatan berbasis teknologi informasi dan komunikasi. Kondisi ini telah mendorong munculnya istilah-istilah baru dalam pengklasifikasian laboratorium dan cara-cara yang digunakan untuk memanfaatkannya.

Untuk keperluan pendidikan dan pengajaran, pada beberapa dekade sebelum munculnya revolusi teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat seperti sekarang ini, hampir seluruh kegiatan praktik untuk mendukung proses pembelajaran sains dan teknik diselenggarakan dengan dukungan

laboratorium yang bersifat *hands-on*. Sesuai dengan namanya, laboratorium *hands-on* menyediakan berbagai peralatan yang bersifat real sehingga secara langsung dapat dirasakan, disentuh serta dioperasikan melalui aktivitas tangan. Namun, perkembangan teknologi komunikasi dan informasi yang sangat pesat telah mengubah secara dramatis sifat laboratorium *hands-on* ini. Ma & Nickerson (2006: 3), Krivickas & Krivickas (2007: 191), dan Lustigova & Lustig (2009: 77) menyebutkan bahwa laboratorium di lingkungan pendidikan teknik saat ini dapat diklasifikasikan ke dalam tiga jenis yakni: (1) *hands-on* yang merupakan laboratorium konvensional dan tertua dengan peralatan real, (2) simulator atau *virtual laboratory*, dan (3) *distributed learning* atau *remote laboratory*. Dua jenis laboratorium yang terakhir infrastruktur dan implementasinya lebih banyak didukung oleh aplikasi teknologi informasi dan komunikasi yang bersifat elektronik, sehingga keduanya sering disebut dengan *electronic laboratory* atau disingkat dengan *E-Lab*.

Dalam laboratorium *hands-on* mahasiswa melaksanakan kegiatan praktikum dengan menggunakan peralatan real dan proses-proses eksperimen yang nyata. Secara prinsip, hal yang membedakan antara laboratorium *hands-on* dengan simulator dan *R-Lab* adalah pada sifat realitasnya. *Hands-on* sepenuhnya bersifat real, sedangkan simulator bersifat maya (*virtual*) dan *R-Lab* gabungan dari real dan *virtual*. Ma & Nickerson (2006: 5) menemukan sekurang-kurangnya terdapat dua karakteristik yang membedakan laboratorium *hands-on* terhadap simulator dan *R-Lab* yakni: (1) semua peralatan dalam laboratorium *hands-on* diatur dan disiapkan secara fisik, dan (2) mahasiswa yang akan menggunakannya, secara fisik harus berada di dalam laboratorium. Dengan mengutip beberapa

referensi, selanjutnya Ma & Nickerson menyatakan bahwa karaktersitik lain dari laboratorium *hands-on* adalah pengadaan dan biaya operasinya mahal karena sifatnya yang real sehingga memerlukan ruangan yang luas, bahan-bahan laboratorium dan alokasi waktu yang cukup besar bagi dosen atau instruktur (Philippatos & Moscato, 1971; Hessami & Sillitoe, 1992; Farrington, et al., 1994), mahasiswa kurang merasa nyaman bekerja di laboratorium *hands-on* (Cruickshank, 1983; Magin & Reizes, 1990; Dobson, et al., 1995), laboratorium *hands-on* tidak mampu menyediakan kebutuhan-kebutuhan khusus mahasiswa (Colwell, et al., 2002), dan tidak bisa melayani kebutuhan dalam penyelenggaraan *distance learning* (Shen, et al., 1999; Watt, et al., 2002).

Perbedaan laboratorium *hands-on* terhadap simulator dan *R-Lab* dapat ditinjau dari berbagai aspek. Salah satu aspek untuk membedakan keduanya adalah kemampuannya dalam mendukung tercapainya tujuan pendidikan sarjana teknik seperti disajikan pada tabel 13 (Ma & Nickerson, 2006: 8).

Tabel 13.
Perbedaan Jenis Laboratorium Atas Dasar Dukungannya
Terhadap Tujuan Pendidikan

Tujuan Pendidikan Teknik	Dukungan Laboratorium Terhadap Pencapaian Tujuan Pendidikan		
	<i>Hands-on</i>	<i>Virtual/ Simulator</i>	<i>Remote</i>
Memberikan pemahaman konseptual (<i>conceptual understanding</i>)	Besar	Besar	Besar
Melatih keterampilan disain (<i>design skills</i>)	Besar	Besar	Kecil
Melatih keterampilan sosial (<i>social skills</i>)	Besar	Kecil	Kecil
Melatih keterampilan profesional (<i>professional skills</i>)	Besar	Besar	Besar

Aspek lain yang membedakan satu jenis laboratorium terhadap jenis lainnya adalah kelebihan dan kelemahan masing-masing seperti disajikan pada tabel 14 (Elawady & Tolba, 2009: 92).

Tabel 14.
Kelebihan dan Kelemahan Jenis-jenis Laboratorium

Aspek	<i>Hands-on</i>	<i>Virtual/Simulator</i>	<i>Remote</i>
Mode Akses	Akses fisik ke laboratorium	Akses virtual ke eksperimen menggunakan program simulasi	Menggunakan internet dan <i>software</i> untuk mengakses laboratorium dari jarak jauh
	Kelebihan	Kelebihan	Kelebihan
	<ul style="list-style-type: none"> • Data realistik • Interaksi dengan alat real • Memungkinkan <i>open-ended</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Bagus untuk validasi konsep • Tidak ada batasan waktu dan fisik 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada batasan waktu dan ruang • Data realistik • Terasa real
	Kelemahan	Kelemahan	Kelemahan
	<ul style="list-style-type: none"> • Terbatas dalam penyediaan lingkungan fisik • Ruang laboratorium tidak fleksibel 	<ul style="list-style-type: none"> • Data ideal (simulatif) • Tidak ada interaksi dengan peralatan real 	<ul style="list-style-type: none"> • Kehadiran di laboratorium bersifat <i>virtual</i>
Infrastruktur	Komponen-komponen <i>hardware</i> dan komputer jika diperlukan	<i>Software</i> program simulasi	Komponen-komponen <i>hardware</i> , komputer dan media komunikasi
	Kelebihan	Kelebihan	Kelebihan
	<ul style="list-style-type: none"> • Menawarkan pemahaman realitas • Eksperimen di bawah supervisi dosen/instruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Bagus untuk pemahaman konseptual • Terjamin keamanannya, jika tindakan pencegahan dilakukan terhadap <i>account</i> pengguna 	<ul style="list-style-type: none"> • Menawarkan eksperimen dengan banyak waktu • Berguna jika hasil yang lebih real diperlukan
	Kelemahan	Kelemahan	Kelemahan
	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen <i>hardware</i> memiliki <i>lifetime</i> tertentu • Membutuhkan perawatan komponen <i>hardware</i> • Mudah mengalami kerusakan 	<ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan <i>update</i> pada <i>software</i> simulasi yang digunakan 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen <i>hardware</i> memiliki <i>lifetime</i> tertentu • Membutuhkan perawatan komponen <i>hardware</i> • Menimbulkan masalah komunikasi
Pedagogis	Kelebihan	Kelebihan	Kelebihan
	<ul style="list-style-type: none"> • Menawarkan eksperimen secara real • Menyediakan interaksi dengan supervisor • Menawarkan mahasiswa untuk berkolaborasi • Menawarkan mahasiswa untuk belajar dengan cara <i>trial and error</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Aspek pedagogis lebih baik daripada jenis lainnya • Menyediakan lingkungan yang aman untuk percobaan yang berbahaya • Fleksibel dan sederhana dalam menggunakan <i>software</i> • Penguatan lewat <i>software</i> animasi dan <i>virtual reality</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mahasiswa merasa bekerja dengan data real • Layak untuk pembelajaran jarak jauh • Fokus pada pemahaman konseptual dan keterampilan profesional
	Kelemahan	Kelemahan	Kelemahan
	<ul style="list-style-type: none"> • Mahasiswa kemungkinan tidak menyelesaikan eksperimen dalam waktu yang ditentukan • Memerlukan supervisi 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisi dari dosen tidak tersedia • Tidak merasa bekerja dengan peralatan real 	<ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan penguatan pada keterampilan disain dan sosial
Ekonomis	Biaya mahal (kekurangan)	Biaya murah (kelebihan)	Biaya sedang jika penggunaan beberapa laboratorium direduksi (kelebihan)

4. Konsep Simulator

Pada tabel 13 telah ditunjukkan bahwa simulator masih mampu memberikan dukungan yang efektif terhadap pencapaian hampir semua tujuan pendidikan teknik, kecuali tujuan melatih keterampilan sosial. Namun, situasi seperti ini dapat diperbaiki dengan mendisain kegiatan praktik berbasis pada kerja kolaboratif menggunakan simulator untuk melatih keterampilan sosial tersebut. Selain itu, sesuai tabel 14 di atas, kajian lain juga menunjukkan bahwa simulator memiliki keunggulan, yakni lebih murah pengadaannya dibandingkan laboratorium *hands-on*. Atas dasar hal tersebut simulator menjadi memiliki kelayakan yang baik untuk dipertimbangkan sebagai alternatif model pembelajaran praktik yang murah di lingkungan perguruan tinggi.

a. Definisi Simulator

Babich & Mavrommatis (2004: 1044) menyatakan bahwa pengertian simulator merujuk pada perangkat lunak simulasi dari peralatan-peralatan fisis seperti instrumen pengukuran atau sistem real lainnya. Definisi lain tentang simulator diberikan Budhu (2002: 2) yang menyatakan bahwa simulator adalah salah satu bentuk dari objek multimedia interaktif. Sedangkan objek multimedia interaktif didefinisikan sebagai objek-objek kompleks dalam bentuk digital yang tersusun dari format heterogen, terdiri atas teks, *hypertext*, suara, gambar, animasi, video dan grafik yang mengandung tujuan pembelajaran eksplisit maupun implisit. Selanjutnya Budhu menyebutkan bahwa simulator dapat mencakup program untuk simulasi dua dimensi dan tiga dimensi. Definisi simulator juga dikaitkan dengan istilah yang merujuk pada penggunaan antarmuka grafis bagi

pengguna yang berhubungan dengan teknik simulasi khususnya animasi grafis tiga dimensi yang realistis dan tidak menyediakan fasilitas telekomunikasi untuk mengakses sistem real dari jarak jauh, namun hanya menyediakan simulasi dari sistem fisis saja (Tzafestas, Palaiologou & Alifragis, 2006: 361). Mengutip Sahebnaikh (2004), Shokri & Faraahi (2010: 1357) mendefinisikan simulator sebagai lingkungan simulasi yang menyediakan bagi mahasiswa dan kalangan profesional fasilitas untuk melakukan latihan dan eksperimen di kelas atau untuk mengerjakan penelitian eksperimen secara virtual.

Dengan memperhatikan berbagai definisi tersebut dapat dikemukakan bahwa simulator adalah objek multimedia interaktif yang dapat berbentuk objek-objek digital berupa teks, *hypertext*, suara, gambar, animasi, maupun video yang dapat melakukan simulasi terhadap berbagai gejala fisis dua dimensi atau tiga dimensi dan dapat digunakan untuk melaksanakan eksperimen maupun penelitian dengan data-data *virtual*, serta mengandung tujuan pembelajaran secara eksplisit maupun implisit.

b. Jenis Simulasi

Simulasi dapat dibagi dalam dua kelompok dan masing-masing kelompok terdiri atas dua kategori. Berdasarkan jenis gejala atau objek yang disimulasikan terdapat jenis simulasi fisik dan simulasi iteratif. Sedangkan atas dasar jenis proses yang dikerjakan oleh simulator, terdapat simulasi prosedural dan simulasi situasional (Alessi & Trollip, 2001: 214).

Pada simulasi fisik, objek-objek atau gejala-gejala fisik digambarkan pada layar sehingga memberikan peluang pada pengguna untuk mempelajarinya.

Contoh simulasi fisik pada ilmu fisika dan biologi adalah simulasi tentang gejala gravitasi bumi, optika, ikatan-ikatan kimia, fotosintesis, dan keadaan cuaca, pada bidang teknik simulasi mesin pembakaran internal, transmisi listrik lewat jaringan berdaya tinggi, rangkaian logika, dan dalam bidang sosial simulasi tentang ekonomi, perencanaan tata kota, maupun gejala psikologi.

Simulasi iteratif disebut juga simulasi proses yang memungkinkan penggunanya melakukan simulasi suatu gejala fisik dengan parameter yang berbeda-beda. Setiap parameter yang diberikan, simulator melakukan simulasi terhadap suatu gejala fisik, dan simulasi akan diulang untuk parameter yang lain. Simulasi iteratif digunakan untuk mempelajari proses-proses yang berjalan secara tidak langsung atau tidak mudah diamati seperti hukum *supply and demand* pada ilmu ekonomi, tingkat perubahan penduduk untuk waktu yang lama pada ilmu ekologi, dan gravitasi bumi pada ilmu fisika.

Simulasi prosedural digunakan untuk menampilkan urutan aksi dalam mencapai suatu tujuan. Dalam simulasi prosedural dibutuhkan juga objek-objek atau gejala-gejala yang bersifat fisik, seperti pada simulasi fisik, yang akan menampilkan urutan aksi yang berlangsung di dalamnya. Contoh simulasi prosedural adalah *flight simulator* untuk mempelajari pengendalian pesawat terbang oleh pilot, simulasi diagnosis terhadap alat-alat yang tidak berfungsi, dan simulasi diagnosis medis dalam bidang kedokteran.

Simulasi situasional merupakan bentuk khusus dari simulasi prosedural. Simulasi ini digunakan untuk merepresentasikan perilaku dan sikap orang atau organisasi dalam situasi-situasi yang berbeda. Simulasi ini sering digunakan untuk pelatihan konselor, guru maupun ahli hukum. Pada pendidikan dunia usaha,

simulator ini digunakan untuk mempelajari aspek pemasaran, negosiasi kontrak, hubungan antar pekerja, dan interaksi dengan dunia usaha lainnya.

c. Kegunaan dan Keuntungan Simulasi

Dengan mengutip Saad et al. (2001), Babich & Mavrommatis (2004: 1044) mengatakan bahwa kegunaan utama dari simulator adalah menyediakan fasilitas-fasilitas simulatif yang mengizinkan mahasiswa melaksanakan eksperimen seperti pada laboratorium konvensional *hands-on*. Mengutip Canizares & Faur (1997), McLellan, (1995) dan Papathanassiou (1999), Ma & Nickerson (2006: 6) mendeskripsikan sifat simulator sebagai pengganti laboratorium yang implementasinya: (1) lebih murah dibandingkan laboratorium *hands-on* dari segi pengadaan dan operasinya, (2) memerlukan syarat awal dalam penggunaannya yaitu mahasiswa harus memiliki kemahiran terlebih dahulu dalam menjalankan simulasi sebelum menjalankan kegiatan praktik sesuai materi yang dipelajarinya, dan (3) memerlukan waktu yang lama dan biaya pengembangan yang besar untuk mensimulasikan fenomena dengan tingkat realitasnya tinggi.

Bekerja maupun belajar dengan menggunakan simulator atau melalui kegiatan simulasi banyak memberikan keuntungan dibandingkan dengan melalui dunia real. Shokri & Faraahi (2010: 1357) dengan merujuk pada Malki & Matarrita (2002), Palagin, Romanov & Sachenko (2007) menyatakan bahwa dengan menggunakan simulator, akan diperoleh berbagai keuntungan mencakup (1) biaya menjadi lebih murah, (2) terjamin keamanannya selama eksperimen dengan bahan-bahan yang berbahaya, (3) kegiatan praktik menjadi fleksibel karena mahasiswa dapat melakukan perubahan-perubahan lingkungan kerja,

prosedur atau jenis eksperimen secara cepat dengan biaya murah, (4) aksesibilitasnya luas karena dapat diakses dari sembarang tempat pada sembarang waktu, dan (5) memungkinkan terciptanya kerja kolaborasi.

Alessi & Trollip (2001: 226-231) menyatakan bahwa dibandingkan dengan dunia real, simulasi memberikan keuntungan seperti: (1) meningkatkan keamanan ketika berinteraksi dengan objek-objek atau gejala-gejala fisik yang sedang dipelajari, (2) menyediakan pengalaman yang sulit diperoleh pada dunia real, (3) mudah dalam pengaturan waktu, (4) membuat peristiwa-peristiwa langka menjadi peristiwa-peristiwa biasa, (5) situasi belajar yang kompleks dapat lebih dikendalikan, dan (6) menghemat biaya.

Sedangkan dibandingkan dengan media dan metode yang lain seperti buku, perkuliahan biasa, atau tutorial, penggunaan simulasi memberikan keuntungan seperti: (1) lebih mampu membangkitkan motivasi, (2) meningkatkan transfer pengetahuan, (3) lebih efisien, (4) lebih fleksibel, (5) dapat diterapkan pada semua fase proses pembelajaran, dan (6) adaptif untuk filosofi pendidikan yang berbeda-beda.

d. Faktor-faktor Simulasi

Selanjutnya Alessi & Trollip (2001: 231-260) menyatakan bahwa faktor-faktor dalam simulasi meliputi: (1) atribut pengetahuan, siswa dan simulator, (2) ketepatan, (3) mode penyampaian, (4) strategi pembelajaran, (5) model dan komponen, (6) penyediaan tujuan belajar dan petunjuk penggunaan.

1) Faktor Atribut

Rancangan simulasi perlu memperhatikan atribut pengetahuan yang meliputi jenis pengetahuan yang akan disimulasikan, organisasi maupun

kompleksitasnya. Dari sisi penggunaanya, rancangan simulator juga perlu memperhatikan atribut-atribut siswa seperti umur, jenis kelamin, pengetahuan atau keterampilan pra syarat, kemampuan penyelesaian masalah terhadap materi yang dipelajarinya, gaya belajar, maupun minat dan motivasi dalam mempelajari materi yang disimulasikan. Atribut-atribut simulator seperti skenario dan tingkat realitas simulasi juga perlu diperhatikan dalam merealisasikan simulator. Ketiga atribut tersebut, yakni atribut pengetahuan, pengguna dan simulator secara bersama-sama akan mempengaruhi tingkat efektivitas pencapaian hasil belajar menggunakan simulator.

2) Faktor Ketepatan

Faktor ketepatan sangat penting diperhatikan dalam mengimplementasikan sebuah simulator, mengingat kegiatan simulasi akan berhasil jika simulator yang dibangun mampu menggambarkan setepat-tepatnya objek atau gejala real yang akan disimulasikan. Simulator yang mampu menggambarkan secara tepat keadaan dunia real akan membangkitkan rasa senang, minat dan motivasi penggunaanya dalam mempelajari objek atau gejala yang disimulasikan dan pada akhirnya akan memberikan efektivitas dalam transfer pengetahuan.

3) Faktor Mode Penyampaian

Keberhasilan kegiatan belajar dengan cara simulasi juga dipengaruhi oleh mode penyampaian yang digunakan. Dari aspek mode penyampaian yang digunakan, simulasi dapat diimplementasikan dengan: (1) mode *stand-alone* dengan dukungan PC (*personal computer*) tanpa periferal khusus, (2) mode *online* dengan dukungan PC dalam jaringan komputer tanpa periferal khusus, (3) lingkungan *virtual reality* berbasis PC, (4) lingkungan *virtual reality* berbasis

jaringan komputer, (5) lingkungan *virtual reality* menggunakan superkomputer, atau (6) simulator fisik skala besar.

4) Faktor Strategi Pembelajaran

Strategi pembelajaran simulasi dapat mencakup (1) *microworlds* yang banyak digunakan untuk simulasi fisik seperti penyediaan objek-objek yang akan dibangun, dimanipulasi dan diukur oleh pengguna, (2) *scientific discovery learning* melalui simulasi iteratif, (3) *virtual reality*, (4) simulasi laboratorium, (5) bermain peran, (6) *operator-in-the-loop* seperti pada simulator berskala besar peralatan-peralatan militer, (7) skenario berbasis kasus, dan (8) permainan.

5) Faktor Model dan Komponen

Perancangan simulator juga perlu memperhatikan model dan komponen-komponen yang digunakan. Model simulator merepresentasikan sistem dari gejala-gejala yang akan disimulasikan mencakup model kontinyu, diskrit dan logika. Model simulasi kontinyu merepresentasikan gejala-gejala yang mengandung data kontinyu tak terbatas seperti simulasi gerak jatuh bebas pada bidang fisika, pertumbuhan populasi hewan pada bidang biologi, dan simulasi rangkaian elektronika analog pada bidang teknik. Model simulasi diskrit digunakan untuk menampilkan gejala-gejala yang mengandung data diskrit seperti simulasi lalu lintas darat maupun udara dengan data diskrit sepi dan ramai. Simulasi logika merepresentasikan gejala-gejala yang bersifat logis seperti simulasi operasi mesin, keputusan menjalankan bisnis. Termasuk dalam simulator logika adalah program-program yang digunakan untuk menjalankan simulasi rangkaian digital seperti simulator DSCH2 dan simulator *breadboard*. Selain sistem, pengembangan simulator perlu memperhatikan pula komponen-komponen

yang terlibat seperti objek (berupa entitas fisik yang akan disimulasikan), ketepatan (menunjukkan kesesuaian antara proses real dengan hasil simulasi), jenis realitas (mencakup tiga jenis: fenomena yang terjadi seperti pada simulasi, fenomena yang terjadi tidak persis seperti simulasi, fenomena yang disimulasikan adalah imajiner), urutan simulasi (linear, siklis atau kompleks), jumlah penyelesaian masalah yang disediakan simulator, waktu berlangsungnya peristiwa yang disimulasikan, dan peran pengguna.

6) Faktor Penyediaan Tujuan Belajar dan Petunjuk Penggunaan

Seperti halnya perangkat lunak pembelajaran lainnya, simulator umumnya menyediakan bagian pengantar yang mengandung judul, deskripsi, tujuan pembelajaran, petunjuk penggunaan dan lainnya agar proses belajar pengguna dapat terarah mencapai tujuan yang diinginkan.

5. Konsep *E-Learning*

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat saat ini telah memunculkan pergeseran paradigma dalam penyelenggaraan proses belajar dan mengajar. Cheng (2005: 95) menyebutkan sekurang-kurangnya terdapat 4 pergeseran paradigma pembelajaran dewasa ini, yakni (1) dari terpusat pada guru menuju terpusat pada siswa, (2) dari sekedar penyampaian pengetahuan menuju pengembangan kecerdasan multi konteks, (3) dari pengajaran berbasis tempat terbatas menuju belajar berwawasan global, lokal dan individual, dan (4) dari buku teks yang terbatas menuju sumber-sumber belajar yang sangat beragam termasuk pengalaman-pengalaman dari suatu komunitas, belajar berbasis *web*, ekspos internasional dan materi-materi kelas dunia. Salah satu wujud hasil

pergeseran paradigma pembelajaran adalah munculnya konsep *E-Learning* dalam proses pembelajaran. *E-Learning* telah berkembang menjadi bagian dari proses penyelenggaraan pendidikan modern menjangkau di berbagai level pendidikan. Saat ini telah banyak institusi pendidikan dari tingkat menengah sampai perguruan tinggi yang menerapkan proses pembelajaran *E-Learning*, dan bahkan telah mendukungnya dengan kebijakan implementasi.

a. Definisi *E-Learning*

Definisi *E-Learning* sangat beragam dan dinamis tergantung pada tekanan yang ingin diberikan, beberapa definisi di antaranya terfokus pada pengembangan isi dan lainnya terfokus pada piranti komunikasi dan teknologi yang dilibatkan (Masson & Rennie, 2006: xiv) dan bahkan Horton (2006: 1) menyebutkan terdapat banyak definisi kompleks tentang *E-Learning* yang telah dibuat.

Selanjutnya Masson dan Rennie menyatakan bahwa salah satu definisi awal tentang *E-Learning* diberikan oleh ASTD (*American Society for Training & Development*), yakni sesuatu yang meliputi berbagai aplikasi dan proses yang sangat luas untuk mendukung pembelajaran berbasis *web*, pembelajaran berbasis komputer, kelas *virtual*, kolaborasi digital dan termasuk di dalamnya adalah penyampaian materi-materi pelajaran lewat media pita audio maupun video, siaran satelit, televisi yang bersifat interaktif dan keping CD-ROM (*compact disk-read only memory*).

Pengertian ini menegaskan bahwa *E-Learning* merujuk pada penggunaan berbagai peralatan elektronika sebagai pendukung proses pembelajaran dan hal ini sesuai dengan pernyataan Niadu (2006: 1) bahwa huruf e atau E pada istilah *E-Learning* bermakna *electronic* sehingga definisinya menjadi semua aktivitas

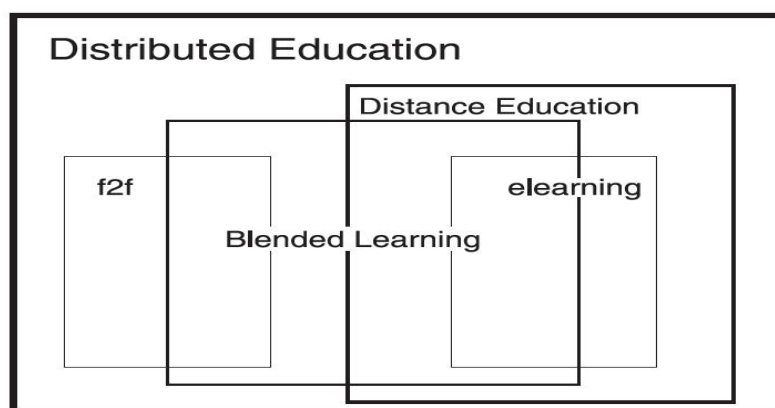
pendidikan yang dilaksanakan oleh individu atau kelompok yang bekerja secara *online* maupun *offline*, *synchronously* maupun *asynchronously*, melalui komputer yang berdiri sendiri (*standalone*) maupun jaringan dan piranti-piranti elektronika lainnya.

Seiring dengan laju perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat, definisi *E-Learning* mengalami perubahan dan penyesuaian. Merujuk pada perkembangan tersebut, *E-Learning* didefinisikan sebagai penggunaan teknologi komputer dan informasi untuk menciptakan pengalaman belajar (Horton, 2006: 1). Definisinya lain diberikan oleh *Open and Distance Learning Quality Council* dari Inggris yang menyatakan bahwa *E-Learning* adalah proses belajar efektif yang diciptakan dengan mengkombinasikan isi (*content*) yang disampaikan secara digital dengan layanan dan dukungan belajar (Masson & Rennie, 2006: xiv). Pengertian E-learning sering dihubungkan dengan penggunaan secara intensif teknologi jaringan informasi dan komunikasi dalam proses belajar dan mengajar termasuk di dalamnya adalah *online learning*, *virtual learning*, *distributed learning*, *network* dan *web-based learning*, atau secara fundamental merujuk pada proses-proses pendidikan yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk memediasi aktivitas belajar dan mengajar secara *synchronous* maupun *asynchronous* (Naidu, 2006, 1).

b. Klasifikasi *E-Learning*

Sebagai istilah yang relatif baru dalam bidang pendidikan, tidak hanya definisinya saja yang bersifat dinamis, pengklasifikasian *E-Learning* pun sifatnya masih tentatif. Sebagai contoh, *Australian Flexible Learning Framework for the National Vocational Education and Training System* memasukkan *E-Learning*

sebagai bagian atau komponen belajar luwes (*flexible learning*), sedangkan *Learning Circuits*, sebuah *American Glossary*, menempatkan *E-Learning* sebagai bagian dari pendidikan jarak jauh (*distance education*). Setelah melakukan kajian yang bersifat terminologis terhadap berbagai istilah yang terkait dengan kedudukan *E-Learning* dalam konstelasi jenis-jenis pendidikan, Masson & Rennie (2006: xvii) akhirnya mencoba menyusun hierarki istilah seperti tersaji pada gambar berikut ini.



Gambar 7.
Kedudukan *E-Learning* Dalam *Distributed Learning*
Menurut Masson & Rennie (2006: xvii)

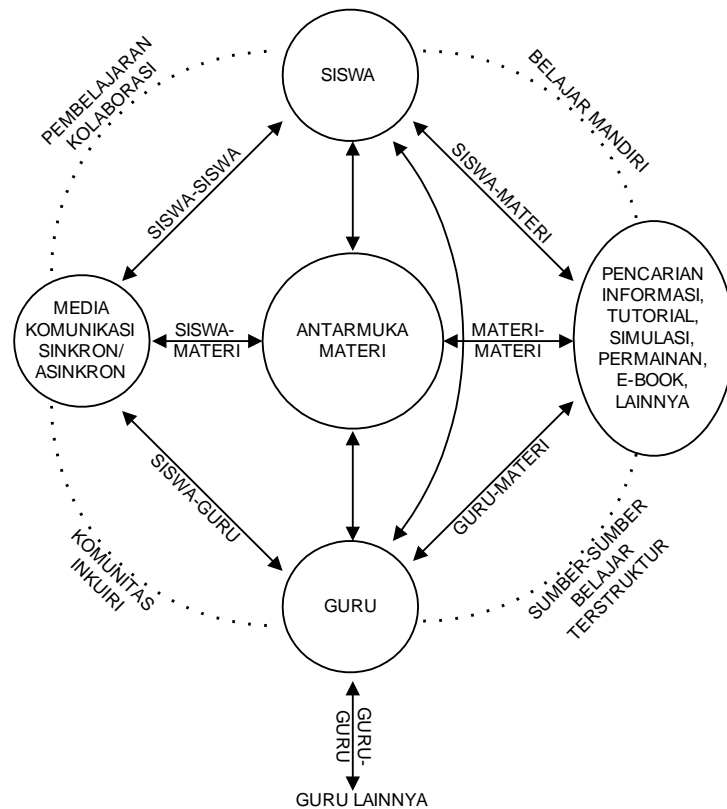
Masson dan Rennie selanjutnya menjelaskan bahwa dalam hierarki tersebut, pendidikan terdistribusi (*distributed learning*) merupakan pengertian pendidikan yang sifatnya lebih luas mencakup pendidikan jarak jauh (*distance learning*) maupun *online learning* serta *blended education* yang merupakan gabungan dari tatap muka (*face to face* atau disingkat f2f) dengan *distance learning* dan *E-Learning*. Oblinger, Barone & Hawkins, (2001: 1) menyatakan bahwa *distributed education* merupakan masalah paling rumit saat ini, namun akan menjadi pendidikan alternatif masa depan di institusi perguruan tinggi dan dalam

pelaksanaannya pendidikan ini dapat terjadi di dalam atau di luar kampus serta menyediakan fleksibilitas yang besar dan menghilangkan waktu sebagai penghalang. Selanjutnya dikatakan oleh Oblinger, Barone dan Hawkins bahwa *distance learning* adalah bagian dari *distributed learning* yang diselenggarakan untuk melayani siswa yang terpisah oleh ruang dan waktu terhadap pasangan dan instruknya serta didukung oleh pembelajaran *E-Learning* yang melibatkan teknologi informasi dan komunikasi.

Perkembangan teknologi dan tuntutan masyarakat yang dinamis juga telah memicu munculnya beragam bentuk *E-Learning*. Dari sisi cara pelaksanaannya, *E-Learning* dapat diselenggarakan dalam empat bentuk yakni *online* individual, *offline* individual, berbasis kelompok secara sinkron, dan berbasis kelompok secara asinkron (Naidu, 2006: 2). Dalam *E-Learning* jenis *online* individual, siswa melakukan kegiatan belajar sendiri dengan mengakses sumber-sumber seperti basis data yang mengandung materi pelajaran secara *online* lewat intranet atau internet. Sedangkan pada jenis *offline* individual, siswa belajar sendiri menggunakan sumber-sumber seperti paket belajar berbasis komputer *offline* yang tidak tersambung ke jaringan intranet atau internet atau belajar sendiri lewat piranti elektronik dengan menggunakan media *harddisk*, CD atau DVD. Jenis *E-Learning* berbasis kelompok secara sinkron merujuk pada kegiatan kelompok siswa yang bekerja bersama-sama dalam satu waktu melalui intranet atau internet, dan termasuk dalam jenis ini adalah kegiatan konferensi berbasis teks dan konferensi audio atau video baik satu maupun dua jalur. Pada *E-Learning* berbasis kelompok asinkron, kelompok siswa bekerja melalui intranet atau internet dalam

waktu yang tidak bersamaan seperti melalui *mailing list* atau forum diskusi atau konferensi berbasis teks dalam *learning management system* (LMS).

Pada *E-Learning* jenis *online* baik yang bersifat individual maupun kelompok pola interaksi komponen-komponen yang ada di dalamnya dapat mencakup interaksi siswa dengan siswa, siswa dengan materi, siswa dengan guru, guru dengan materi, guru dengan guru, materi dengan materi dan tata hubungan interaksi tersebut dapat digambarkan dalam sebuah model pembelajaran *online* seperti gambar berikut ini (Anderson, 2008: 61).



Gambar 8.
Model Pembelajaran Online

Selanjutnya Anderson menjelaskan bahwa pada bagian sebelah kiri dari gambar tersebut menggambarkan model pembelajaran *online* dengan pendekatan

kolaboratif, ditunjukkan adanya interaksi antara siswa dengan siswa secara sinkron maupun asinkron, dan pembelajaran umum seperti kelas *online* yang ditunjukkan adanya interaksi antara guru dengan siswa. Sedang pada sisi kanan gambar menunjukkan model pembelajaran *online* studi mandiri, ditunjukkan adanya interaksi secara langsung antara siswa dengan materi. Interaksi guru dengan materi pada sisi kanan gambar menunjukkan kegiatan guru difokuskan pada penyusunan silabus, materi pembelajaran dan perencanaan aktivitas pembelajaran. Melalui interaksi ini, guru dapat melakukan pemantauan, penyusunan, maupun pembaharuan materi dan aktivitas pembelajaran yang akan dijalankan.

Interaksi antara materi dengan materi yang ditunjukkan gambar di atas adalah model interaksi baru dalam pendidikan yang muncul seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi. Melalui model pembelajaran *online* suatu materi pembelajaran dapat diprogram agar secara otomatis dapat berinteraksi dengan sumber-sumber materi pembelajaran lainnya guna pengayaan maupun pembaharuan isinya. Sedangkan interaksi antara guru dengan guru lainnya diselenggarakan agar pembelajaran *online* dapat dijamin keberlangsungannya untuk guru maupun materi yang berbeda.

E-Learning juga dapat diimplementasikan dalam bentuk antara lain: *standalone courses*, *virtual-classroom courses*, *learning games and simulations*, *embedded e-learning*, *blended learning*, *mobile learning*, dan *knowledge management* (Horton, 2006: 2). Selanjutnya Horton menjelaskan bahwa *standalone courses* dimaksudkan sebagai proses belajar yang dilakukan oleh seorang siswa sendiri tanpa adanya interaksi dengan guru atau teman sekelas

melalui kegiatan akses sumber-sumber belajar pada piranti-piranti elektronik seperti komputer secara *offline* maupun *online*. *Virtual-classroom courses* menyediakan fasilitas sinkron maupun asinkron untuk pembelajaran dan mengandung pula komponen *online meeting* yang merupakan fasilitas pembelajaran interaktif bersifat sinkron dan *online presentation* sebagai fasilitas pembelajaran yang tidak interaktif dan asinkron. *Learning games and simulations* merupakan kegiatan belajar dengan cara melakukan aktivitas simulasi yang mengandung eksplorasi sehingga siswa dapat memperoleh suatu penemuan. Jenis *embedded* merupakan *E-Learning* yang tertanam pada program komputer lain, dan *blended learning* merupakan kegiatan belajar yang mengkombinasikan berbagai bentuk pembelajaran dan *E-Learning* untuk pencapaian satu tujuan. Sedangkan *mobile learning* merupakan bentuk *E-Learning* yang didukung oleh piranti elektronik seperti PDA (*personal digital assistance*) dan telepon genggam cerdas.

c. Kelengkapan *E-Learning*

Hasil *review* terhadap banyak *paper* tentang *E-Learning* di institusi pendidikan tinggi yang dilakukan oleh Coomey & Stephenson (2001) dalam Masson & Rennie (2006: xx), mengindikasikan terdapat sekurang-kurangnya empat kelengkapan, yakni dialog, keterlibatan, dukungan dan pengendalian atau kontrol terhadap aktivitas-aktivitas belajar, agar *E-Learning* dapat diselenggarakan dengan baik. Keempat kelengkapan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

- 1) Dialog. Kelengkapan dialog dalam praktik penyelenggaraan *E-Learning* diimplementasikan dalam bentuk *email*, *bulletin board*, *real-time chat*, *asynchronous chat*, kelompok diskusi dan debat, serta *content* interaktif.
- 2) Keterlibatan. Kelengkapan ini diwujudkan dalam format penyediaan fasilitas-fasilitas yang memungkinkan terjadinya respons di dalam tugas-tugas terstruktur, materi-materi yang mendorong keterlibatan aktif, dan aktivitas kolaborasi dalam kelompok kecil.
- 3) Dukungan. Kelengkapan ini diimplementasikan dalam bentuk penyediaan kesempatan untuk kontak *face-to-face*, *peer support*, nasehat pakar, umpanbalik terhadap kinerja, dukungan layanan dan *tools* perangkat lunak. Dukungan adalah kelengkapan paling penting dari kesuksesan proses pembelajaran *online*.
- 4) Kontrol. Fasilitas ini disediakan untuk mendorong siswa agar mampu melakukan pengendalian terhadap aktivitas-aktivitas kunci agar mereka sukses dalam mengikuti proses pembelajaran.

d. Strategi *E-Learning*

Agar *E-Learning* dapat terselenggara secara efektif perlu dipilih strategi dalam implementasinya. Shank (2007: 28-30) memberikan informasi adanya empat jenis pilihan yang harus diputuskan secara strategis dalam mengimplementasikan *E-Learning* yakni sebagai berikut.

- 1) Dalam pengembangan *content*, implementasi *E-Learning* dihadapkan pada dua pilihan yakni *content* yang bersifat instruktif atau informatif. Kedua jenis *content* ini harus dipilih secara tepat sesuai dengan tujuan penyelenggaraan *E-Learning* yang ingin dicapai. Secara umum, dalam pengembangan *content*

yang bersifat instruksional memerlukan usaha yang lebih besar dibandingkan *content* yang bersifat informatif. Contoh *content* dalam bentuk instruksi adalah modul, materi pelajaran, tutorial, demo, permainan, latihan, simulasi, *quiz* dan tes, sedangkan *content* dalam bentuk informasi antara lain *file* PDF yang diunduh dari suatu *server* berisi uraian tentang kelengkapan (*features*) dan spesifikasi suatu produk/alat. Atribut *content* yang bersifat instruktif dan informatif dalam *E-Learning* disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 15.
Atribut Instruksi dan Informasi

Atribut	Instruksi	Informasi
Kegunaan	Penguatan pengetahuan dan keterampilan lewat latihan/praktik dan umpan balik	Peningkatan pemahaman
Peserta/Audien	Terbatas	Luas
Isi	Terbatas dan menyediakan <i>link</i> ke <i>content</i> tambahan	Tidak terbatas karena untuk melayani pengguna yang lebih luas
Antarmuka	Sederhana sehingga pengguna segera mengetahui sesuatu diharapkan	Memerlukan antarmuka yang lebih kompleks
Aktivitas	Mendukung belajar dan transfer pengetahuan	Mempercepat penemuan informasi
Multimedia	Digunakan saat dibutuhkan untuk meningkatkan pembelajaran	Digunakan saat dibutuhkan untuk meningkatkan pemahaman
Penilaian	Tes, kinerja, kinerja kehidupan nyata	Survei, tes pilihan ganda

- 2) Pilihan lain yang harus diputuskan dalam pengembangan *E-Learning* adalah jenis lingkungan belajar yang ingin diciptakan meliputi ruang kelas, *online* atau kehidupan nyata (*real life*). Jenis lingkungan belajar yang terakhir banyak diselenggarakan untuk keperluan pelatihan-pelatihan di lingkungan

tempat kerja (*on-the-job*). Setiap lingkungan belajar memiliki keuntungan dan tantangan masing-masing seperti tersaji pada tabel berikut ini.

Tabel 16.
Keuntungan dan Tantangan Berbagai Lingkungan Belajar

Lingkungan	Keuntungan	Tantangan
Ruang Kelas (f2f)	Dukungan dan umpan balik dapat diberikan dengan segera, lebih mudah dalam membangkitkan aspek-aspek sosial, sederhana dalam melihat kinerja	Partisipasi peserta dibatasi oleh waktu secara ketat, perjalanan ke tempat belajar memerlukan biaya, peningkatan kapasitas tidak mudah dilakukan
<i>Online</i>	Peningkatan kapasitas mudah dilakukan, memungkinkan untuk penyesuaian (<i>customizing</i>), standarisasi mudah, berpotensi dalam peningkatan peserta, efisiensi biaya dapat tercapai ketika tersebar ke audien yang luas	Membosankan jika tidak mampu memenuhi kebutuhan interaksi, dalam penggunaan menimbulkan tantangan, dukungan dan umpan balik tertunda dan bahkan tidak ada, dirasakan sebagai jarak jauh
Kehidupan Nyata (<i>Real Life</i>)	Belajar dengan contoh nyata bukan imitasi, umpan balik dan dukungan dapat diberikan dengan segera, mampu melihat kompleksitas materi secara penuh, memungkinkan pembinaan dari waktu ke waktu	Kualitas materi tidak standar, memerlukan banyak waktu, diperlukan pembatasan kegiatan praktik untuk menjamin keamanan dan faktor lainnya yang menjadi perhatian, peserta merasa kewalahan

Setiap lingkungan belajar memiliki komponen-komponen pendukung kegiatan. Komponen-komponen dalam jenis lingkungan belajar ruang kelas meliputi: (1) buku pelajaran dan *slide* presentasi sebagai sarana penyampaian isi, (2) contoh-contoh, simulasi, kasus, dan peralatan praktik sebagai sarana beraktivitas, (3) *checklist*, tes dan ukuran kinerja sebagai alat evaluasi, dan (4) instruktur, pasangan belajar, dan materi-materi instruksional sebagai dukungan dan umpan baliknya. Pada lingkungan belajar *online* komponen-komponen yang terlibat adalah: (1) pelajaran, animasi, *slide* dengan narasi

dan *webinar* sebagai sarana penyampaian isi, (2) *demo*, simulasi, tutorial, studi kasus, dan penyelesaian masalah sebagai bentuk aktivitas, (3) *checklist*, tes dan simulasi sebagai alat evaluasi, dan (4) referensi *online* maupun versi cetak, *tools* pendukung kinerja, *sharing* aplikasi, layanan pakar, dokumen yang mudah dicari, dan daftar sumber sebagai dukungan dan umpan balik. Sedangkan pada lingkungan belajar *real life* mengandung komponen-komponen: (1) penyampaian isi berupa: kebijakan, *manual* dan alat-alat bantu pekerjaan, (2) aktivitas dalam bentuk latihan-latihan kehidupan nyata dan *job shadowing*, (3) evaluasi dalam bentuk tes kinerja, dan (4) umpan balik dalam bentuk *supervisor*, pelatih *on-the-job*, dan sumber *real life* lainnya.

- 3) Pengembangan *E-Learning* juga memerlukan pemilihan dari aspek strategi penyampaian yang dapat terdiri atas sinkron dan asinkron. Keuntungan dan tantangan kedua strategi tersebut disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 17.
Keuntungan dan Tantangan *E-Learning* Secara Sinkron dan Asinkron

	Sinkron	Asinkron
Keuntungan	Dilakukan dengan menyisihkan waktu, demonstrasi bersifat <i>real-time</i> , umpan balik dilakukan dengan segera, tampilan isyarat visual banyak sehingga memudahkan dalam memperoleh pengertian, cocok bagi peserta yang kurang mampu dalam membaca dan menulis, instruksi pembelajaran diarahkan oleh guru/dosen/pelatih	Dapat dilaksanakan pada sembarang waktu, dapat diakses dari sembarang tempat, cukup waktu untuk refleksi, lebih privasi karena tampilan visual terbatas, <i>content</i> terstandar, diperlukan <i>review</i> materi sehingga cocok bagi peserta yang mampu membaca, instruksi pembelajaran diarahkan oleh diri sendiri
Tantangan	Kurang nyaman karena ketersediaan waktunya terbatas, tidak ada waktu untuk refleksi, berorientasi pada jadwal, dikendalikan oleh guru/dosen/pelatih	Kurangnya kedekatan, menimbulkan potensi salah paham, dan rasa frustrasi ketika butuh bantuan, serta lebih mudah untuk dihindari
Contoh	Aplikasi <i>sharing</i> , <i>chat</i> , <i>instant messaging</i> , kolaborasi <i>real-time</i> , <i>audio conference</i> , <i>web conference</i>	Modul <i>self-paced</i> , forum diskusi, tutorial, <i>tools</i> untuk kolaborasi <i>writing</i>

Strategi sinkron memungkinkan terjadinya interaksi antara dosen/guru dengan mahasiswa/siswa dalam waktu bersamaan, sedangkan asinkron mengkondisikan interaksi terjadi pada waktu yang berbeda. Dalam berbagai kasus menunjukkan bahwa kombinasi penyampaian secara sinkron dan asinkron memberikan hasil yang lebih baik.

- 4) Strategi lain yang perlu dipertimbangkan dalam mengimplementasikan *E-Learning* adalah memilih disain instruksional antara tradisional dan cepat (*rapid*). Pemilihan ini sangat penting mengingat jenis disain akan berimplikasi pada biaya dan waktu yang dikeluarkan. Walaupun disain tradisional dapat memberikan tingkat pengembangan yang lebih teliti dan sempurna, namun memerlukan biaya dan waktu yang besar. Pengembangan *E-Learning* asinkron di Amerika Serikat menggunakan disain tradisional memerlukan biaya antara \$10.000 sampai dengan \$100.000 per jam pelajaran tergantung pada kompleksitas pemrograman dan elemen-elemen multimedia yang digunakan. Shank selanjutnya menyebutkan bahwa biaya ini sangat besar untuk sebuah materi *E-Learning* yang cepat usang. Disain tradisional memakan waktu yang lama dan biaya yang besar karena pada siklus proses ini setiap langkah dilakukan evaluasi. Pada disain cepat, beberapa langkah dari prosesnya telah dieliminasi sehingga implementasi *E-Learning* dapat dilakukan dalam waktu cepat. Pemilihan disain instruksional ini didasarkan pada tiga pertimbangan yakni level tujuan instruksional yang ingin dicapai, kebutuhan terhadap keterampilan yang ingin dicapai dan sensitivitas waktu dari materi pelajaran yang disampaikan. Dari sisi level tujuannya, disain cepat biasanya cocok untuk tujuan level rendah yang mencakup aspek pengetahuan,

pemahaman dan aplikasi, sedangkan disain tradisional lebih cocok untuk tujuan level tinggi yakni analisis, sintesis dan evaluasi.

e. Implementasi *E-Learning*

Perkembangan perangkat lunak saat ini telah sampai pada tingkat yang mampu menyediakan fungsi pengaturan *E-Learning* sehingga implementasinya dapat dilakukan secara cepat dan mudah. Perangkat lunak yang menyediakan fungsi ini di Inggris pada umumnya disebut sebagai *Virtual Learning Environment* (VLE) dan di Amerika Serikat disebut dengan istilah *Learning Management System* (LMS), sedangkan untuk istilah yang merujuk pada fungsi pengaturan isi dari *E-Learning* digunakan *Course Management System* atau CMS (Masson & Rennie, 2006: xxxiii) atau disebut juga dengan istilah *Learning Content Management System* atau LCMS (Naidu, 2006: 43).

Selanjutnya Naidu menyebutkan bahwa LMS adalah perangkat lunak yang menyediakan fungsi pengaturan dan fasilitasi terhadap layanan maupun aktivitas belajar dan mengajar. Sebagian besar LMS *online* menyatu dengan LCMS yang merupakan himpunan *tools* perangkat lunak yang memungkinkan isi materi pelajaran dapat dibuat, disimpan, digunakan dan dimanfaatkan kembali. Sebagian dari perangkat lunak LMS yang banyak dikenal saat ini adalah *Blackboard*, *WebCT*, *FirstClass*, dan *Moodle*. Umumnya, LMS akan memiliki kelengkapan seperti kemampuannya dalam penyampaian isi pelajaran, pengaturan transaksi kelas secara *online*, pelacakan dan pelaporan kemajuan siswa, penilaian hasil belajar, pelaporan pencapaian dan penyelesaian tugas-tugas, pengaturan belajar kolaboratif, serta pengaturan dokumen siswa.

Berdasarkan uraian tentang *E-Learning* seperti telah dikemukakan di atas, dapat dikemukakan bahwa lingkungan belajar ini sangat memungkinkan digunakan sebagai pendukung implementasi pembelajaran praktik *online*. Dari aspek pelaksanaannya, pembelajaran praktik *online* dapat diselenggarakan dengan memanfaatkan lingkungan *E-Learning* melalui pendekatan *blended learning* yang menggabungkan kegiatan tatap muka dengan aktivitas *online* baik secara sinkron maupun asinkron.

Blended learning dalam pembelajaran praktik yang menggunakan simulator, menjadi penting untuk dipertimbangkan mengingat dalam kegiatan praktik ini ini menurut Ma & Nickerson (2006: 6), dan Shokri & Faraahi (2010: 1357) dipersyaratkan agar mahasiswa memiliki kemampuan awal terlebih dahulu dalam menjalankan simulasi sebelum praktik dilaksanakan. Dalam konteks *blended learning*, tatap muka (f2f) dapat diselenggarakan pada awal praktikum sebagai kegiatan untuk memperkenalkan simulator yang akan digunakan dalam praktikum, dan untuk kegiatan selanjutnya dapat dilaksanakan secara *online*. *E-Learning* juga menyediakan kelengkapan belajar kolaboratif yang dapat dimanfaatkan untuk menyelenggarakan pembelajaran praktik melalui aktivitas *small group* sebagai ciri kegiatan inkuiri seperti dikemukakan Millar (2001: 1).

6. Pembelajaran *Blended*

Seperti telah dikemukakan di atas, pembelajaran *blended* dapat menjadi alternatif implementasi pembelajaran praktik menggunakan simulator, mengingat pembelajaran ini mampu mengurangi kelemahan-kelemahan pada pembelajaran *E-Learning* yang bersifat *online*. Melalui pembelajaran *blended*, persyaratan-persyaratan awal penggunaan simulator, persyaratan awal pembelajaran *online*,

maupun masalah-masalah yang muncul dalam pelaksanaan pembelajaran praktik *online* dapat diberikan dan diselesaikan melalui kegiatan tatap muka.

a. Definisi Pembelajaran *Blended*

Pada awalnya, pembelajaran *blended* didefinisikan sebagai kombinasi berbagai media penyampaian dan pada sisi lain didefinisikan pula sebagai kombinasi berbagai metode dalam pembelajaran. Namun, kedua definisi tersebut menurut pandangan Graham (2006: 4) menimbulkan perdebatan antara pengertian media dan metode dalam pembelajaran sehingga definisinya diubah menjadi kombinasi pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran dimediasi komputer. Sementara itu, Masson & Rennie (2006: xvii) mendefinisikan pembelajaran *blended* sebagai gabungan antara pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran jarak jauh dan *E-Learning*. Dengan memperhatikan berbagai definisi tersebut, dapat dikemukakan bahwa pembelajaran *blended* merupakan kombinasi antara pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran dimediasi komputer termasuk di dalamnya pembelajaran jarak jauh dan *E-Learning*. Saat ini, pembelajaran *blended* banyak digunakan untuk memadukan pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran *online*.

b. Alasan Pemilihan Pembelajaran *Blended*

Graham, Allen, dan Ure (2003, 2005) menemukan sekurang-kurangnya tiga hal yang menjadi alasan kuat penggunaan pembelajaran *blended* yakni mampu (1) meningkatkan aspek pedagogis, (2) meningkatkan fleksibilitas dan akses siswa terhadap proses pembelajaran maupun sumber-sumber belajar, serta (3) meningkatkan efisiensi pembiayaan (Graham, 2006: 8).

Peningkatan aspek pedagogis dari pemanfaatan pembelajaran *blended* dapat dilihat dari kenyataan bahwa hampir sebagian besar pembelajaran tatap muka di perguruan tinggi diselenggarakan dengan strategi transmisi pengetahuan satu arah yang menyebabkan pembelajaran berpusat hanya pada dosen dan mahasiswa menjadi kurang aktif. Pada sisi lain terjadi hal sebaliknya, pembelajaran *online* mengarahkan mahasiswa belajar berbagai materi yang sangat padat secara mandiri sehingga kesulitan-kesulitan belajar yang dihadapi tidak segera dapat memperoleh penyelesaiannya. Pembelajaran *blended* mendekatkan dua keadaan yang ekstrim tersebut dalam sebuah pembelajaran yang menggabungkan kegiatan tatap muka dengan *online*. Melalui pembelajaran *blended* dapat ditingkatkan strategi pembelajaran aktif, strategi pembelajaran *peer-to-peer*, strategi pembelajaran berpusat pada mahasiswa sehingga mampu mengurangi kelemahan-kelemahan yang ada pada pembelajaran tatap muka dan *online* yang diselenggarakan secara tersendiri.

Melalui pembelajaran *blended* juga dapat ditingkatkan aksesibilitas mahasiswa terhadap proses pembelajaran. Penyediaan akses yang luas bagi mahasiswa terhadap proses pembelajaran merupakan salah satu kunci keberhasilan dalam penyelenggaraan pembelajaran *online*. Pembelajaran *blended* menjadikan mahasiswa dapat memperoleh situasi-situasi yang beragam di luar kondisi lingkungan *online* yang dapat memberi peluang untuk berinteraksi secara sosial dengan dosen maupun sesama mahasiswa. Selain itu, melalui pembelajaran *blended* juga dapat diperoleh fleksibilitas yang tinggi terutama dari sisi waktu pembelajaran yang digunakan. Kegiatan tatap muka yang terus menerus menyebabkan penggunaan waktu kurang fleksibel. Penggabungan pembelajaran

online khususnya jenis asinkron ke dalam pembelajaran tatap muka, menjadikan mahasiswa dapat memanfaatkan waktu selain untuk mengikuti pembelajaran juga untuk menggali pengetahuan-pengetahuan di luar materi yang sedang dipelajarinya.

Pembelajaran *blended* juga dapat meningkatkan efektivitas penggunaan dana karena melibatkan pembelajaran *online* di dalamnya. Suatu kenyataan bahwa pembelajaran tatap muka secara penuh akan memerlukan dana yang besar apabila diselenggarakan untuk melayani jumlah peserta yang besar. Pembelajaran ini akan memerlukan tersedianya fasilitas dan sumber-sumber belajar yang bersifat fisik seperti ruangan perkuliahan, ruangan praktik, buku-buku pelajaran, dan sumber-sumber belajar bersifat fisik yang lain dengan biaya pengadaan yang besar. Penggunaan pembelajaran *blended* dapat mengurangi alokasi dana penyelenggaraan karena pembelajaran ini mampu menjangkau peserta dan bahkan area yang luas secara *online* menggunakan sumber-sumber belajar berbentuk *softcopy* dan virtual yang pengadaannya lebih murah.

c. Level Pembelajaran *Blended*

Graham (2006: 10-12) membagi level pembelajaran *blended* ke dalam empat tingkatan yakni level aktivitas, level pelajaran, level program dan level kelembagaan. Selanjutnya Graham menjelaskan masing-masing level pada pembelajaran *blended* sebagai berikut.

Pada level aktivitas, pembelajaran *blended* dilakukan dengan memadukan aktivitas tatap muka dan elemen-elemen termediasi komputer saja oleh guru atau dosen. Contoh-contoh aktivitas yang termasuk ke dalam pembelajaran level ini adalah tatap muka yang digabung dengan simulasi menggunakan komputer dalam

membahas sebuah materi pelajaran, atau tatap muka dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk menghadirkan para ahli dari jarak jauh ke dalam ruangan kelas.

Level pembelajaran *blended* yang lebih tinggi dari aktivitas adalah level pelajaran. Level ini merupakan gabungan antara pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran lain yang dimediasi komputer. Contoh pembelajaran *blended* level ini adalah penyelenggaraan pembelajaran tatap muka di suatu ruang yang digabungkan dengan pembelajaran jarak jauh melalui mediasi komputer atau teknologi informasi dan komunikasi sehingga dapat diikuti oleh mahasiswa-mahasiswa dari tempat lain yang berjauhan. Dalam hal ini aktivitas tatap muka dan aktivitas dimediasi komputer masing-masing merupakan bagian dari strategi terpisah yang digabungkan dalam suatu pembelajaran *blended*.

Pembelajaran *blended* pada level program merupakan pembelajaran *blended* yang ditawarkan oleh sebuah program pembelajaran. Strategi *blended* di perguruan tinggi umumnya menggunakan level ini yakni dengan menawarkan kepada mahasiswa dua jenis pilihan aktivitas tatap muka dan *online* atau tatap muka dan aktivitas dimediasi komputer lainnya yang ditentukan oleh program.

Sedangkan pembelajaran *blended* level kelembagaan merupakan pembelajaran yang dikembangkan oleh lembaga seperti perguruan tinggi sebagai bentuk komitmennya terhadap perbaikan layanan kepada masyarakat pengguna. Pada umumnya pembelajaran level kelembagaan ini diselenggarakan dalam bentuk gabungan antara aktivitas tatap muka dan aktivitas *online* dengan proporsi tertentu. Proporsi antara aktivitas tatap muka dengan aktivitas *online* ditentukan

berdasarkan kebijakan lembaga seperti pada awal dan akhir pembelajaran digunakan aktivitas tatap muka dan di antaranya digunakan aktivitas *online*.

d. Kategori Pembelajaran *Blended*

Pembelajaran *blended* dapat dikategorikan ke dalam empat jenis yakni *enabling*, *enhancing*, dan *transforming* seperti dijelaskan berikut ini (Graham, 2006: 10-12) .

Enabling adalah pembelajaran *blended* yang ditujukan untuk peningkatan akses dan kenyamanan siswa dalam mengikuti suatu pembelajaran. Contoh jenis pembelajaran ini adalah pembelajaran *blended* untuk peningkatan fleksibilitas bagi siswa atau pembelajaran *blended* yang ditujukan untuk menyediakan peluang-peluang memperoleh lingkungan belajar yang sama untuk berbagai strategi yang digunakan.

Sedangkan *enhancing* merupakan pembelajaran *blended* yang mengijinkan adanya perubahan-perubahan pada aspek pedagogi tetapi tidak secara radikal dalam mengubah cara mengajar dan belajar yang terjadi. Contoh pembelajaran ini adalah pembelajaran tatap muka yang dilengkapi dengan sumber-sumber belajar *online*.

Transforming merupakan pembelajaran *blended* yang mengijinkan dilakukannya transformasi pedagogi secara radikal. Contoh pembelajaran ini adalah model pembelajaran berbasis masalah yang merupakan gabungan dari aktivitas tatap muka dengan berbagai aktivitas dimediasi komputer yang mengarahkan siswa untuk aktif mengkonstruksi pengetahuan melalui interaksi secara dinamis.

7. Internet Sebagai Basis Pembelajaran Praktik *Online*

Pembelajaran praktik *online* dimungkinkan dapat diimplementasikan dengan *E-Learning* karena adanya dukungan teknologi internet. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat, dewasa ini telah dikembangkan teknologi internet dengan berbagai aplikasinya seperti *email* dan *world wide web* (WWW). Penggunaan teknologi ini telah merambah ke hampir seluruh sektor kehidupan manusia seperti bidang perbankan, perhotelan, pelayanan travel, hiburan, berita dan berbagai aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, serta telah memberikan pengaruhnya yang besar pada dunia pendidikan (Bates & Poole, 2003: 8-9). Oleh sebab itu, saat ini banyak rancangan pembelajaran praktik telah melibatkan internet sebagai salah satu bagian untuk mendukung implementasinya dan situasi seperti ini menjadikan munculnya istilah-istilah seperti laboratorium berbasis *web* atau *web-based laboratory* (Zalewski, 2008: 761), eksperimen berbasis web atau *web-based experiment* (Chen, Song & Zhang, 2010: 3845). Hal tersebut terjadi mengingat saat ini ketersediaan jaringan internet pada setiap institusi khususnya perguruan tinggi dan bahkan di lingkungan keluarga dalam masyarakat sudah cukup tinggi.

a. Definisi Internet

Istilah internet erat kaitannya dengan istilah jaringan komputer, dan dalam hal ini Shinde (2009: 50) menyatakan bahwa jika dua jaringan komputer atau lebih membentuk interkoneksi maka jaringan yang baru tersebut dinamakan *internetwork* atau internet. Sejalan dengan Shinde, Cisco System, Inc. (2003: 34) memberikan definisi internet sebagai kumpulan jaringan-jaringan individual yang

dihubungkan oleh piranti-piranti jaringan lanjut yang berfungsi sebagai jaringan tunggal besar. Sedangkan Smaldino, Lowther & Russel (2008: 190) mendefinisikan internet sebagai jaringan global yang menghubungkan jaringan-jaringan komputer berskala lebih kecil untuk melayani manusia di seluruh dunia.

Pengertian internet juga dapat ditemukan di berbagai kamus *online* seperti *Oxford Dictionaries* yang mendefinisikan internet sebagai jaringan komputer global yang menyediakan bermacam-macam fasilitas informasi dan komunikasi mengandung jaringan-jaringan yang terhubung menggunakan protokol komunikasi standar, dan *American Herriage Dictionary* memberi arti internet sebagai sistem interkoneksi dari jaringan-jaringan yang menghubungkan komputer-komputer di seluruh dunia lewat protokol TCP/IP. Sementara *kamus Merriam-Webster* memberikan makna internet sebagai jaringan komunikasi elektronik yang menghubungkan jaringan-jaringan komputer dan fasilitas komputer organisasi seluruh dunia. Atas dasar berbagai definisi tersebut, dapat dinyatakan bahwa internet adalah sistem jaringan global yang menghubungkan jaringan-jaringan komputer di seluruh dunia dan bekerja menggunakan standar komunikasi tertentu.

Ragam aplikasi internet yang banyak digunakan oleh para penggunanya antara lain adalah penjelajahan informasi (*browsing*), *e-mail*, transfer *file* dan *remote login*. Penjelajahan informasi merupakan aplikasi yang menyediakan layanan *browsing* terhadap informasi pada jaringan internet. Menurut *Internet World Stats* (2011), sampai bulan Maret 2011 pengguna internet di seluruh dunia hampir mencapai 2,1 milyar orang dari 6,9 milyar penduduk bumi dan pengguna aplikasi *browsing* menempati proporsi terbesar.

Aplikasi *e-mail* menyediakan layanan pengiriman dan penerimaan pesan dari satu pengguna ke pengguna yang lain dalam jaringan internet, dan dalam hal ini pihak tertentu akan menyediakan server layanan *e-mail*, sementara para pengguna melalui komputer-komputer yang terjaring dalam internet mengirim dan menerima pesan melalui server tersebut. Aplikasi *e-mail* dapat diselenggarakan oleh lembaga yang memiliki server sendiri untuk melayani para karyawannya atau melalui aplikasi *webmail* yang servernya disediakan oleh perusahaan-perusahaan tertentu seperti *Hotmail*, *Yahoo* dan *Gmail*. Data statistik yang diluncurkan oleh situs *Email Marketing Report* menunjukkan sampai tahun 2010 pengguna *webmail* yang tergabung dalam layanan *Hotmail*, *Yahoo* dan *Gmail* di seluruh dunia berturut-turut sebesar 355 juta, 275 juta dan 193 juta (Brownlow, 2011). Aplikasi internet yang lain adalah transfer *file transfer protocol* (FTP) yang melayani pengiriman *file* dari komputer *client* ke server atau sebaliknya. Sedangkan aplikasi *remote login* menyediakan layanan akses jarak jauh terhadap suatu server.

b. Aplikasi World Wide Web Pada Jaringan Internet

Aplikasi penjelajahan informasi dinamakan juga *world wide web* (WWW) atau sering disebut dengan *web* saja yang merupakan implementasi teknologi *hypermedia* dalam jaringan internet (Geer, 2003: 232). *Hypermedia* oleh Shinde (2009: 326) disebut sebagai istilah yang merujuk pada kata *hypertext* yang merupakan kumpulan kata atau frase dengan kemampuan melakukan *link* antar dokumen-dokumen yang terhubung. Jadi, WWW atau *web* dapat diartikan sebagai suatu sistem dokumen *hypertext* saling terhubung yang diakses lewat internet.

Selanjutnya Shinde menyatakan bahwa *web* dikembangkan pertama kalinya pada tahun 1989 oleh Tim Berners-Lee ilmuwan dari CERN (*Conseil Européene pour la Recherche Nucléaire*) sebuah lembaga penelitian nuklir Eropa berkedudukan di Swiss dan dalam perjalanannya mengalami banyak inovasi sehingga saat ini *web* telah mampu melayani penyediaan informasi dalam berbagai bentuk data multimedia.

Untuk melayani penyediaan informasi yang diperlukan pengguna, pada satu sisi sebuah server disiapkan untuk menempatkan suatu *website* dan pada sisi yang lain, melalui piranti yang terhubung ke internet, dengan menggunakan *web browser* seperti *Internet Explorer*, *Mozilla Firefox*, *Opera* atau *Google Chrome*, pengguna dapat membaca halaman-halaman *web* yang ditempatkan di server melalui layar monitor. Halaman-halaman *web* yang dibaca oleh *client* dapat menampilkan informasi berupa teks, suara, video maupun data multimedia lainnya yang dipandu oleh *hyperlinks*.

American Heritage Dictionary mendefinisikan *website* sebagai suatu himpunan halaman-halaman *web* yang saling terhubung, biasanya mengandung *homepage* (halaman awal dari suatu *website*) dan umumnya ditempatkan dalam server yang sama, disiapkan dan dirawat sebagai kumpulan informasi oleh pribadi, kelompok atau organisasi. Kamus *Merriam-Webster* memberikan definisi *website* sebagai kelompok halaman-halaman *web* yang biasanya mengandung *hyperlinks* antar satu dengan lainnya dan dibuat *online* oleh individu, perusahaan, institusi pendidikan, pemerintah atau organisasi. Sementara *Oxford Dictionaries* memberi definisi *website* sebagai suatu lokasi yang tersambung dengan internet yang memiliki satu atau lebih halaman *web*. Atas dasar rangkuman terhadap

berbagai definisi tersebut dapat dinyatakan bahwa *website* adalah kumpulan informasi berbentuk himpunan halaman-halaman *web* yang mengandung *hyperlinks* dan saling terhubung satu dengan lainnya, ditempatkan pada suatu server yang terkoneksi dengan internet serta dibangun dan dirawat oleh pribadi, kelompok, institusi pendidikan, pemerintah, swasta atau organisasi.

Sutherland (2000: 39), Shinde (2009: 327), dan Green (2010: 34) menyatakan bahwa halaman *web* pada dasarnya adalah dokumen *hypermedia* yang dibuat dengan menggunakan format tertentu yang dinamakan *hypertext markup language* (HTML). HTML menyediakan sejumlah perintah yang dapat digunakan untuk mengatur penempatan dan format teks, gambar, suara, video atau animasi pada suatu halaman *web*. Dokumen *web* merupakan *file* khas yang ditulis dalam format HTML, dapat dibuat dengan mudah menggunakan editor teks seperti *Note Pad*, dan penamaannya dengan *suffix* .html atau .htm. Jadi, dokumen *web* disebut juga dokumen HTML adalah *file* dengan standar ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) dengan format kode-kode yang mengandung informasi tentang tata letak dan *links* dari teks, gambar, suara, video dan jenis data lainnya untuk suatu halaman *web*. Dokumen *web* tersebut disimpan di dalam server dan program *browser* pada komputer *client* yang tersambung ke internet akan melakukan interpretasi kode-kode HTML tersebut dan menampilkannya dalam bentuk informasi yang mudah dibaca pada layar monitor.

Untuk menampilkan dokumen *web* yang mengandung kode-kode HTML, *browser* mengirim permintaan ke server dengan menyertakan *uniform resource locator* (URL) yang menurut Geer (2003: 214) merupakan alamat pada internet yang menunjukkan lokasi suatu dokumen *web* diletakkan. Green (2010: 34)

menyebutkan bahwa penulisan URL diawali dengan suatu kumpulan karakter yang menunjukkan identitas protokol *web* dan disambung dengan nama domain seperti diilustrasikan pada gambar berikut ini.



Gambar 9.
Format Penulisan URL

URL pada hakekatnya adalah sebuah alamat *website* dengan format angka seperti 192.168.1.45 atau 72.14.203.99. Oleh karena format alamat dengan deretan angka tersebut menjadikan pengguna mengalami kesulitan dalam mengingat maupun menuliskannya, maka diciptakanlah suatu sistem penamaan domain (*domain name system*) disingkat DNS. Sistem ini bertugas memetakan format alamat angka ke dalam bentuk yang lebih memudahkan pengguna dalam mengingat dan menuliskannya yakni dalam format nama domain seperti diilustrasikan pada gambar di atas.

Alamat *website* dalam format nama domain memiliki hierarki yang diawali dari *root level domain*, berturut-turut diteruskan ke domain yang lebih rendah yakni *top level domain*, *second level domain* dan seterusnya. Sebagai contoh *top level domain* dari alamat *website* Universitas Ahmad Dahlan adalah `uad.ac.id` yang menunjukkan organisasi akademik berlokasi di Indonesia. *Top level domain* yang lain dapat berupa nama domain yang menunjukkan identitas pemiliknya seperti `gov` untuk pemerintahan, `go.id` untuk pemerintahan di Indonesia, `org` untuk organisasi, dan `or.id` untuk organisasi di Indonesia.

Sedangkan dalam domain uad.ac.id dapat memiliki *second level domain* atau *sub domain* seperti fkip.uad.ac.id atau fti.uad.ac.id.

Untuk membangun *website* diperlukan perangkat lunak *web developer* atau sering pula disebut dengan *content management system*. Saat ini telah dikembangkan beragam program aplikasi yang dapat melayani pembangunan *website* dengan tingkat pengoperasian yang mudah seperti program *Moodle* yang digunakan untuk membangun *website* untuk aplikasi *E-Learning*, *Joomla* untuk pengembangan *website* multiguna atau *Wordpress* dan *Blogspot* untuk pengembangan *web log (blog)*.

c. Kegunaan Web Bagi Pendidikan

Sebagai bagian dari sistem jaringan global internet, *web* memberikan manfaat yang sangat besar bagi para penggunanya. Alessi & Trollip (2001: 373-377) menyebutkan bahwa *web* dapat berperan antara lain sebagai standar jaringan, *platform*, media penyampaian, media komunikasi, metodologi pembelajaran, dan media pengintegrasian. Sebagai standar jaringan, keberadaan *web* telah mampu menjadikan suatu informasi yang tersimpan dalam suatu *server* dapat dibaca, ditayangkan maupun dimainkan oleh piranti-piranti *client* dengan struktur perangkat keras maupun perangkat lunak yang berbeda-beda. *Web* juga dapat digunakan sebagai *platform* pengembangan perangkat lunak aplikasi dalam pendidikan sehingga mempermudah penggabungan modul-modul atau sub-sub sistem yang dibangun. Melalui *web* dapat dilakukan pula distribusi berbagai informasi sehingga piranti-piranti yang terhubung dengan internet dapat melakukan *downloading* berbagai perangkat lunak dan sekaligus menjalankannya

secara cepat dan mudah. Sebagai media komunikasi, *web* telah mampu berperan dalam menyediakan fasilitas komunikasi seperti *web mail*, *web page*, *mailing list*, *bulletin board*, *chat rooms*, *audio teleconferencing* maupun *video teleconferencing*. *Web* juga mampu berperan sebagai metodologi pembelajaran yang menyediakan fasilitas pendukung kegiatan pendidikan seperti tutorial, *hypermedia*, latihan, simulasi, permainan, *tools*, lingkungan belajar *open-ended* maupun evaluasi, sehingga dikenal istilah *web-based learning*, *web-based-laboratory*, *web-based training*, *web-based test* dan istilah-istilah lain yang menyebutkan *web* sebagai basis kegiatan pendidikan.

Uraian di atas telah menggambarkan bahwa *web* memiliki potensi yang sangat besar dalam mendukung inovasi bidang pendidikan. Potensi tersebut muncul karena dalam *web* tersemat teknologi *delivery media* yang menurut Lee & Owens (2004: 191) memiliki tiga karakteristik yakni akses yang universal, mudah dalam penggunaan dan mampu menyediakan *content* berupa data multimedia. Dengan adanya ketiga karakteristik tersebut, teknologi *web* memungkinkan seseorang melalui *web browser* dapat mengakses informasi dalam berbagai format termasuk multimedia dan mendistribusikan *content* dengan mudah dari sembarang tempat sehingga dapat diterima oleh setiap pengguna internet di seluruh dunia. Teknologi *web* juga telah didukung oleh berbagai perangkat lunak *browser* untuk memudahkan para penggunanya dalam mengakses informasi dalam jaringan global internet. Kenyataan ini telah menarik kalangan pendidikan untuk menjadikan teknologi *web* sebagai basis pengembangan dalam berbagai proses inovasi pendidikan.

Alessi & Trollip (2001: 378) menyatakan bahwa dalam dunia pendidikan khususnya pembelajaran, *web* dapat dimanfaatkan sebagai pendukung proses pembelajaran tradisional *on-site* dan pendukung pembelajaran jarak jauh (*distance learning*). Selanjutnya Alessi dan Trollip memberikan penjelasan tentang dukungan *web* terhadap proses pembelajaran seperti pada uraian-uraian berikut ini. Dalam pembelajaran *on-site*, orang yang terlibat akan mendatangi kelas atau lokasi-lokasi tertentu yang ditetapkan sebagai tempat penyelenggaraan proses belajar dan mengajar atau lokasi lain yang berdekatan dengan tempat utama untuk belajar seperti perpustakaan, dan bahkan rumah untuk kegiatan belajar yang melibatkan kerja mandiri. Dukungan *web* dalam pembelajaran *on-site* ini diwujudkan dalam bentuk penyediaan: (1) fasilitas penyampaian materi (*delivery learning materials*) seperti teks (mirip dengan buku teks tradisional), *hypermedia* atau materi-materi interaktif untuk tutorial, latihan, simulasi, permainan, *tools*, maupun lingkungan belajar *open-ended*, (2) sarana penelitian bagi siswa/mahasiswa, (3) sarana pengintegrasian dan pengelolaan kegiatan belajar dan mengajar, (4) wahana untuk mengakses sumber-sumber tambahan seperti perpustakaan *online* dan sumber-sumber belajar lainnya, (5) sarana komunikasi untuk keperluan kolaborasi antara peserta/siswa/mahasiswa dan instruktur/guru/dosen, (6) berbagai alternatif metode evaluasi belajar, (7) sarana pendukung kegiatan penguatan belajar pasca pembelajaran formal, (8) akses internasional, serta (9) pemberian kesempatan kepada siswa untuk membuat *website* mereka sendiri.

Pembelajaran jarak jauh dimulai pada abad ke-19 menggunakan korespondensi lewat surat, dan pada abad ke-20 berkembang menggunakan media

radio dan televisi. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, selama kurun waktu tahun 1990-an sampai tahun 2000-an ratusan universitas di seluruh dunia telah mengadopsi *web* sebagai *platform* untuk penyelenggaraan pembelajaran jarak jauh sehingga dikenal istilah *web-based distance education and training* (Betrus, 2008: 230-231). Pada pembelajaran jarak jauh, *web* dapat berkomplementasi dengan televisi dan korespondensi surat dalam penyampaian materi, dan bahkan dengan kemampuannya menyediakan fasilitas *teleconferencing*, *web* dapat menggantikan sepenuhnya media-media pembelajaran jarak jauh masa lampau seperti televisi, radio dan surat (Alessi & Trollip, 2001: 378).

Selain mampu menjadi pendukung kegiatan pembelajaran *on-site* dan jarak jauh, *web* juga memiliki peranan-peranan lain yang bermanfaat dalam dunia pendidikan. *Web* menyediakan lingkungan interaktif untuk mendukung penyelenggaraan proses pembelajaran, memiliki basis data yang besar sehingga dapat digunakan untuk menyelenggarakan strategi pembelajaran inkuiri seperti *Webquests*, mendukung implementasi *course management system* (CMS) seperti Moodle dan Sakai, mendukung aplikasi-aplikasi *emerging* seperti *web logs* atau *blog* (Betrus, 2008: 230-232), solusi masalah-masalah pembelajaran *synchronous* maupun *asynchronous* berbasis teknologi informasi, tes *online*, dan sistem pendukung kinerja (Lee & Owens, 2004: 194-203).

Web juga memberikan implikasi terciptanya lingkungan belajar yang mengandung dimensi-dimensi belajar efektif seperti dikemukakan oleh Oblinger, Barone & Hawkins (2001: 6) sebagai berikut.

- 1) **Eksplorasi.** *Web* memungkinkan siswa menggunakannya sebagai alat eksplorasi untuk mengakses banyak informasi dan sumber belajar.
- 2) **Pengalaman.** *Web* menawarkan kepada siswa pengalaman-pengalaman belajar yang komprehensif dari pola belajar secara sinkron sampai forum-forum diskusi pada pola belajar mandiri.
- 3) **Keterlibatan.** *Web* menarik bagi siswa sehingga memungkinkan penerapan pendekatan kreatif pada proses pembelajaran untuk membantu mendorong kegiatan kolaborasi dan terciptanya rasa sosial.
- 4) **Penggunaan.** *Web* mudah digunakan tidak hanya oleh siswa juga oleh penyedia materi pelajaran dan isinya dapat dibuat dengan cepat melalui berbagai *platform*.
- 5) **Pemberdayaan.** *Web* menempatkan siswa pada posisi yang memungkinkan dapat memilih secara mandiri materi-materi pelajaran paling sesuai dan cara terbaik dalam belajar.
- 6) **Efektivitas.** Terdapat berbagai bukti bahwa penggunaan *web* dalam *distributed education* di perguruan tinggi memberikan efektivitas belajar yang lebih tinggi dan komunikasi yang lebih baik antara dosen dan mahasiswa.

Sementara Robinson, Molenda & Rezabek (2008: 29-30), melihat bahwa pemanfaatan *web* dalam pendidikan telah menjadikan munculnya tujuh pergeseran dalam pembelajaran sebagai berikut.

- 1) Dari siswa yang kurang aktif menuju siswa yang lebih aktif. Dalam hal ini keterlibatan *web* dalam proses pembelajaran telah mampu mendorong siswa menjadi lebih bergairah dalam belajar karena *web* mampu menyediakan

fasilitas-fasilitas untuk keperluan belajar mandiri maupun kolaborasi secara menyenangkan.

- 2) Dari ruang kelas menuju dunia real. Dengan menggunakan *web*, guru atau dosen dapat menghadirkan masalah-masalah dunia real ke dalam ruang kelas dan siswa berkesempatan menyelesaikan masalah-masalah tersebut dengan melakukan akses informasi dunia real melalui *web*.
- 3) Dari teks menuju multi representasi. Teknologi *web* juga mampu menyediakan *content* multimedia sehingga penyampaian materi pembelajaran tidak hanya berbasis pada representasi teks dan simbol-simbol verbal saja melainkan juga dalam bentuk multi representasi berupa grafis, audio, visual dan bahkan video.
- 4) Dari ulasan menuju penguasaan. Penggunaan *web* juga memungkinkan siswa dapat belajar dengan menggunakan program simulasi, permainan, latihan dan praktik untuk menguasai suatu materi.
- 5) Dari isolasi ke interkoneksi. Keterlibatan *web* dalam pembelajaran memungkinkan pula terjadinya cara belajar kolaboratif sehingga siswa tidak terisolasi dalam belajarnya melainkan menjalin komunikasi dengan teman-temannya.
- 6) Dari produk ke proses. *Web* dapat membantu siswa belajar proses berpikir dari pengetahuan yang sedang dipelajarinya.
- 7) Dari mekanis ke pemahaman di laboratorium. *Web* memberi kesempatan kepada siswa melakukan berbagai eksperimen secara simulatif dari pengetahuan yang sedang digalinya secara mudah dan murah.

Deskripsi dan penjelasan tentang jaringan global internet, aplikasi dan peranan *web* dalam bidang pendidikan seperti telah dikemukakan di atas, telah menunjukkan bahwa teknologi tersebut layak digunakan sebagai basis pengembangan model pembelajaran praktik *online*. Alasan utama kelayakan ini karena *web* dengan dukungan teknologi *internet* mampu menyediakan semua fasilitas belajar yang dituntut oleh sebuah penyelenggaraan pembelajaran praktik seperti tersedianya modul-moduk tutorial, *hypermedia*, latihan, simulasi, *tools*, lingkungan belajar *open-ended* maupun evaluasi. *Web* juga mampu menyediakan teknologi *delivered media* yang dibutuhkan oleh sebuah kegiatan pembelajaran praktik *online*. Dalam hal ini, *web* mampu menyampaikan materi-materi praktikum seperti tugas pendahuluan, panduan kegiatan *open-ended*, *link* ke sumber-sumber ilmiah untuk menggali teori tentang topik praktikum yang sedang dikerjakan, dan simulator dengan multi format (berbentuk teks, gambar, suara, maupun video).

Selain itu, *web* juga mampu menyediakan fasilitas komunikasi seperti *web mail*, forum diskusi, *mailing list*, *bulletin board*, *chat rooms*, *audio teleconferencing* maupun *video teleconferencing* untuk peningkatan interaktivitas, kerja kolaboratif, pemberian umpan balik dan *submit* tugas mahasiswa serta respons dari dosen baik secara sinkron maupun asinkron. Bahkan dengan munculnya program-program CMS berbasis *web* seperti *Moodle* sebagai pendukung *E-Learning* yang dapat diperoleh secara *free of charge*, implementasi pembelajaran praktik *online* selain menjadi lebih mudah juga menjadi lebih murah dari sisi pendanaannya.

Sebagai sebuah basis pengembangan, internet dapat mendukung implementasi pembelajaran praktik *online* dari sisi penyediaan koneksi antara penyedia sumber-sumber praktik dan pengguna. Dalam hal ini, semua data dan informasi yang diperlukan untuk penyelenggaraan pembelajaran praktik *online* seperti panduan praktikum, program simulasi, modul evaluasi, modul manajemen pengelolaan kegiatan dan kelengkapan-kelengkapan lainnya diletakkan dalam *server* internet. Pada sisi lain akses terhadap sumber-sumber untuk praktik ini dapat dilakukan oleh pengguna melalui komputer atau *laptop* dari sembarang tempat pada sembarang waktu.

Dari sisi infrastruktur yang disediakan, implementasi pembelajaran praktik *online* berbasis internet memerlukan perangkat keras *server* yang diletakkan dalam jaringan internet. Pada umumnya, untuk membangun *server* dalam jaringan internet, diawali dengan menyediakan fasilitas jaringan lokal terlebih dahulu pada sebuah institusi. Selanjutnya, *server* tersebut dikoneksikan dengan jaringan lokal dan melalui ISP jaringan lokal ini dikoneksikan dengan jaringan global internet. Selain dapat dibangun sendiri oleh suatu institusi, *server* internet juga dapat diperoleh dengan cara menyewa. Alternatif menyewa *server* dilakukan dengan pertimbangan efisiensi biaya. Walaupun memiliki kelebihan, namun *server* yang dibangun sendiri (*dedicated server*) memerlukan biaya lebih besar dibandingkan *server* yang diadakan dengan cara menyewa.

Selain infrastruktur, implementasi pembelajaran praktik *online* berbasis internet ini juga memerlukan dukungan dari sisi *tools* atau program aplikasi yang diperlukan untuk membantu pengembang dalam mengelola informasi dan membantu pengguna dalam mengaksesnya secara mudah. Salah satu program

aplikasi yang saat ini telah berkembang dengan pesat dan banyak digunakan oleh para pengguna internet dalam memperoleh informasi adalah *world wide web*. Betrus (2008: 229) menyebutkan bahwa semenjak tahun 1990 an terjadi peningkatan akses dan *sharing* informasi yang luar biasa melalui internet dan hal itu terjadi karena munculnya aplikasi *world wide web* yang mampu menyediakan *graphical user interface* untuk mempermudah para pengguna internet dalam memperoleh informasi.

8. Landasan Filosofi Pembelajaran Praktik *Online*

Suatu model pembelajaran, secara hirarkis merupakan derivat dari kurikulum yang disusun berlandaskan hasil-hasil pembaharuan (*reform*) terkini dalam bidang pendidikan. Oleh sebab itu, pembahasan landasan filosofi dari model pembelajaran praktik *online* ini, akan lebih bermakna jika diawali dengan pembahasan tentang filosofi pendidikan yang mendasari penyusunan kurikulum.

a. Filosofi Pendidikan Kontemporer

Filosofi pendidikan memegang peranan yang sangat penting dalam suatu pengembangan kurikulum. Dalam *Phylosophy as a Basis for Curriculum Decisions*, McCutcheon (1995: 11-12) menyebutkan bahwa filosofi pendidikan bagi perancang kurikulum merefleksikan pengalaman hidup, pikiran, latar belakang sosial dan ekonomi, pendidikan dan pandangannya tentang manusia. Selanjutnya disebutkan bahwa salah satu fungsi dari filosofi pendidikan adalah sebagai basis dari langkah awal pengembangan kurikulum. Dengan demikian, pandangan filosofi yang dianut oleh perancang kurikulum sangat mempengaruhi orientasi dan karakter dari kurikulum yang dibangunnya.

Selanjutnya, McCutcheon (1995: 13) menyebutkan pula bahwa, saat ini terdapat empat aliran utama dalam filosofi pendidikan yakni *perennialism*, *essentialism*, *progressivism* dan *reconstructionism*. *Perennialism* menggunakan basis filosofi *realism* dengan tujuan mendidik orang agar dapat berpikir rasional dan dapat mengolah intelektualitasnya. Menurut filosofi ini, pengetahuan merupakan fakta-fakta yang bersifat permanen/abadi, dan berpusat pada studi masa lalu. Dalam pengajaran, filosofi ini memandang bahwa guru harus: (1) membantu siswa berpikir rasional; (2) berinteraksi menggunakan metode Sokrates dan oral; serta (3) memberikan pengajaran secara eksplisit untuk nilai-nilai tradisional. Kurikulum yang dihasilkan dengan landasan ini memiliki orientasi klasikal, analisis teks, dan konstan.

Essentialism menggunakan basis filosofi *idealism* dan *realism* serta bertujuan mendorong pertumbuhan intelektual ke arah tercapainya kompetensi seseorang. Dalam pandangan filosofi ini, pengetahuan yang disampaikan berupa keterampilan pokok dan hal-hal yang bersifat akademik, serta menekankan pada penguasaan konsep dan prinsip dari materi yang dipelajari. Dalam aturan mengajar, filosofi ini berpandangan bahwa guru adalah pemegang otoritas dalam bidangnya dan pengajaran nilai-nilai tradisional dilakukan secara eksplisit. Kurikulum yang dihasilkan melalui landasan filosofi ini berorientasi pada pembentukan keterampilan dan pencapaian terhadap pelajaran pokok (bahasa, aritmetika, sains, dan sejarah).

Progressivism merupakan filosofi dengan dasar *pragmatism*, yang memiliki tujuan mendorong kehidupan sosial yang demokratis. Filosofi ini berpandangan bahwa pengetahuan yang diperoleh: (1) digunakan untuk

mendukung pertumbuhan dan perkembangan siswa; (2) merupakan keterampilan proses belajar hidup; dan (3) merupakan hasil dari proses belajar aktif. Dalam filosofi ini, guru merupakan pemandu dalam penyelesaian masalah dan proses penyelidikan (inkuiri) ilmiah. Kurikulum yang dihasilkan melalui dasar ini, berfokus pada minat siswa, melibatkan urusan dan masalah-masalah manusia, melibatkan pelajaran-pelajaran pokok yang bersifat interdisipliner dan menggunakan proyek sebagai bentuk aktivitas belajar.

Sedangkan *reconstructionism* adalah filosofi pendidikan dengan dasar *pragmatism* yang bertujuan memperbaiki dan merekonstruksi masyarakat untuk perubahan dan pembaharuan sosial. Dalam pandangan filosofi ini, pengetahuan yang diperoleh merupakan keterampilan-keterampilan dan hal-hal yang dibutuhkan untuk mengenal dan menyelesaikan masalah-masalah yang berkembang di masyarakat. Selain itu, filosofi ini juga berpandangan bahwa belajar adalah proses aktif yang peduli terhadap masyarakat terkini dan masa depan. Dalam pengajaran, paham ini berpandangan bahwa guru adalah agen perubahan dan pembaharuan, bertindak sebagai pengarah dalam proyek-proyek siswa dan sekaligus sebagai *leader* dalam kegiatan penelitian bersama, membantu siswa membangkitkan kepedulian terhadap problem-problem yang dihadapi manusia. Kurikulum yang dihasilkan melalui landasan ini menekankan pada ilmu sosial dan metode penelitian sosial; penilaian masalah-masalah sosial, ekonomi, dan politik; berpusat pada *trend* sekarang dan masa depan; serta masalah-masalah rasional dan internasional.

Selanjutnya, McCutcheon (1995: 15) mengelompokkan keempat aliran utama filosofi pendidikan tersebut ke dalam dua kelompok besar yakni filosofi

tradisional dan filosofi kontemporer. Filosofi yang masuk dalam kelompok tradisional adalah *perennialism* dan *essentialism*, sementara filosofi *progressivism* dan *reconstructionism* masuk ke dalam kategori filosofi kontemporer.

Dengan memperhatikan pembagian tersebut, dalam perancangan kurikulum pendidikan saat ini, perlu dilakukan perubahan landasan dari filosofi tradisional berbasis paham *perennialism* dan *essentialism* menuju ke filosofi kontemporer berbasis paham *progressivism* dan *reconstructionism*. Perubahan landasan filosofi ini menjadi sangat penting dan perlu dilakukan mengingat masyarakat saat ini tumbuh dan berubah menuju tatanan masyarakat global yang sangat dinamis, sehingga dibutuhkan kurikulum yang mampu menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan tersebut.

Pandangan filosofi kontemporer yang menganggap bahwa pendidikan itu: (1) tumbuh berbasis pada perubahan masyarakat; (2) merupakan rekontruksi pengalaman sekarang; dan (3) peduli dengan masa depan serta cara membentuknya, telah menguatkan bahwa aliran filosofi ini sangat sesuai sebagai landasan pengembangan kurikulum bagi masyarakat modern, yakni masyarakat yang mengalami perubahan sangat cepat karena proses penyesuaian diri yang harus dilakukan terhadap masalah-masalah kompleks yang dihadapi.

Dibandingkan dengan filosofi tradisional yang menganggap bahwa proses pendidikan sekedar instruksi satu arah dari guru ke siswa, filosofi kontemporer memandang pendidikan sebagai proses belajar mandiri yang kreatif dan proses aktif dalam rekontruksi pengetahuan sehingga lebih sesuai dengan karakteristik masyarakat modern yang menurut Griffin (2005: 18) cenderung memiliki sifat independen dan bebas.

Berbeda dengan filosofi tradisional yang menganggap bahwa belajar adalah proses kognitif dalam memperoleh pengetahuan/kompetensi dari suatu bidang ilmu, filosofi kontemporer memandang bahwa belajar adalah pemberian makna terhadap pengalaman dan keterlibatan aktif di dalam pembaharuan. Pandangan filosofi kontemporer terhadap proses belajar ini, telah menguatkan juga bahwa filosofi ini memang sangat tepat digunakan sebagai landasan pengembangan kurikulum modern, mengingat sifat masyarakat modern, menurut Griffin (2005: 25), adalah cenderung mengalami transisi dari sifat komunitas berbasis tradisi ke sifat agregatif berbasis perhitungan rasional.

b. Model Pengajaran Kontemporer

Penggunaan filosofi pendidikan kontemporer sebagai landasan pengembangan kurikulum modern akan menuntut perlunya pengembangan model-model pengajaran kontemporer. Joyce, Weil & Calhoun (2008: 25) membagi model-model pengajaran kontemporer ke dalam empat kategori yakni pemrosesan informasi, sosial, personal, dan sistem perilaku. Model-model pengajaran dalam kategori pemrosesan informasi meliputi: berpikir induktif (*inductive thinking*), pencapaian konsep (*concept attainment*), *the picture-word inductive model* atau PWIM, inkuiri ilmiah (*scientific inquiry*), pelatihan inkuiri (*inquiry training*), *mnemonics*, *synectics* dan *advance organizers*.

Untuk kategori sosial, model-model pengajaran yang terkandung di dalamnya meliputi: (1) pasangan dalam belajar (*partner in learning*) yang terdiri atas ketergantungan positif (*positive interdependence*) dan inkuiri terstruktur; (2) investigasi kelompok; (3) bermain peran; dan (4) inkuiri yurisprudensi.

Selanjutnya, model-model pengajaran yang termasuk dalam kategori personal terdiri atas: (1) pengajaran tidak langsung (*nondirective teaching*), dan (2) peningkatan harga diri (*enhancing self-esteem*). Sedangkan model-model pengajaran dalam kategori sistem perilaku terdiri atas: *mastery learning*, *direct instruction*, *simulation*, *social learning* dan *programmed schedule*.

Dari sisi kategori pemrosesan informasi, penggunaan model pengajaran berpikir induktif dan inkuiri dalam pembelajaran praktik *online* sangat tepat, mengingat kedua model tersebut *inline* dengan filosofi kontemporer yang melandasi kurikulum modern, yakni pandangan bahwa belajar merupakan rekonstruksi pengalaman dan proses mandiri yang kreatif. Dalam hal ini rekonstruksi pengalaman dapat dimaknai sebagai proses berpikir induktif, sedangkan proses mandiri kreatif sesungguhnya merupakan langkah-langkah penyelidikan (inkuiri) untuk tujuan rekonstruksi pengetahuan oleh siswa.

Pada sisi lain, implementasi model pengajaran berpikir induktif dan inkuiri dalam pembelajaran praktik *online*, dapat menumbuhkan motivasi siswa dalam menggali pengetahuan, karena melalui keduanya, proses rekonstruksi pengetahuan dapat berlangsung sesuai kebutuhan siswa, kegiatan praktik menjadi menarik karena dirancang dan dilaksanakan sendiri sesuai kemampuan siswa, dan dapat melatih siswa dalam penyelidikan-penyelidikan ilmiah.

Ditinjau dari kategori sosial, implementasi pembelajaran praktik *online* menggunakan model pengajaran pasangan dalam belajar (*partner in learning*) khususnya jenis investigasi kelompok sangat tepat, karena model ini memiliki potensi menumbuhkan kerja kolaborasi dalam kelompok belajar yang merupakan salah satu strategi yang efektif untuk mendukung metode inkuiri.

Selanjutnya dapat dikemukakan bahwa dari sisi kategori personal, pemilihan *nondirective teaching* sebagai model dalam pengajaran *online* akan memberikan situasi-situasi yang mendorong siswa memiliki kebebasan untuk menjalankan peran sesuai tujuan pengajaran yang ditetapkan. Dalam hal ini guru tidak secara langsung terlibat dalam pengajaran melainkan hanya membantu siswa dalam menjalankan perannya, sehingga sesuai dengan filosofi pendidikan kontemporer khususnya paham *progressivism* yang memandang bahwa dalam pengajaran guru hanya berperan sebagai pemandu. Pada sisi lain, komplementasi antara model *nondirective teaching* dengan model berpikir induktif akan menumbuhkan situasi-situasi yang dibutuhkan oleh pengajaran inkuiri agar dapat berjalan secara efektif dalam mencapai tujuannya.

Sedangkan dari sisi kategori sistem perilaku, model pengajaran simulasi sangat tepat digunakan dalam pembelajaran praktik *online*. Pada satu sisi, model simulasi menyediakan berbagai pengalaman dari berbagai sistem perilaku yang dapat digunakan siswa sebagai sumber pengetahuan yang digalinya, seperti tuntutan yang diberikan oleh filosofi kontemporer. Pada sisi lain, model simulasi dalam pembelajaran *online* dapat diimplementasikan secara mudah menggunakan perangkat lunak komputer.

c. Teori Belajar Konstruktivisme

Implikasi lain dari penerapan filsosofi pendidikan kontemporer sebagai landasan pengembangan kurikulum, adalah perlunya penggunaan teori-teori belajar yang sesuai dengan tuntutan implementasi kurikulum modern tersebut ke dalam desain proses belajar siswa. Pada paruh pertama abad ke-20 bidang-bidang

disain dan teknologi pendidikan didominasi oleh teori belajar *behaviorism* (Scels & Richey, 1994 dalam Bolliger, 2006: 119), namun saat ini, menurut Bangert (2004) yang dikutip oleh Masson & Rennie (2006: xviii), sebagian besar dari disain pembelajaran yang melibatkan teknologi komunikasi dan informasi seperti *web-based education*, termasuk di dalamnya *E-Learning*, dikembangkan dan diselenggarakan dengan menggunakan prinsip-prinsip yang ada di dalam teori belajar konstruktivisme.

1) Makna Konstruktivisme

Penganut teori belajar konstruktivisme meyakini bahwa individu-individu memperoleh pengetahuan dengan cara menciptakan konstruksi dan dengan menginterpretasikan serta refleksi pada pengalamannya (Jonassen, Peck & Wilson, 1999 dalam Bolliger, 2006: 119). Teori ini pada awalnya dibangun oleh Jean Piaget (1954), seorang pemikir yang telah memberikan banyak kontribusi pada bidang pengembangan psikologi kognitif, yang berpandangan bahwa struktur kognitif berubah ketika individu berinteraksi dengan lingkungan eksternal dan pengintegrasian informasi sebagai bagian dari akuisisi pengetahuan dilakukan individu melalui salah satu dari proses asimilasi atau akomodasi. Keyakinan ini kemudian diperbaiki lagi sehingga muncul pandangan baru yang menyatakan bahwa dalam konstruktivisme, realitas atau kenyataan konkrit dapat dikonstruksi oleh individu dan kelompok sosial berbasis pengalaman mereka dalam menginterpretasikan dunia nyata (Jonassen, Cernusca & Ionas, 2007: 46).

Sejalan dengan pandangan-pandangan yang telah dikemukakan di atas, beberapa pernyataan tentang teori belajar konstruktivisme telah berhasil dihimpun oleh Bolliger (2006: 119-120) seperti diuraikan berikut ini.

- a) Pusat dari ide konstruktivisme ini adalah pengaturan diri, belajar aktif, perbedaan individu, belajar sosial dan refleksi (Gagnon & Collay, 2001; Jonassen et. Al, 1999).
- b) Dalam teori belajar konstruktivisme, individu-individu belajar dengan cara menginvestigasi, menemukan (*discovering*), dan menciptakan struktur; aktif menerima pengertian menjadi suatu konsep; dan mengintegrasikan konstruksi baru atau hasil modifikasi ke dalam pengetahuan yang telah ada sehingga pengertian belajar adalah berpikir, merasakan, dan beraksi (Novak, 1998).
- c) Dalam konstruktivisme, diyakini bahwa individu-individu belajar tidak hanya melakukan tetapi juga membuat sesuatu (Harel & Papert, 1991).
- d) Setiap orang pada dasarnya adalah penganut konstruktivisme karena mereka mengkonstruksi pengetahuannya pada setiap peristiwa dengan sadar (Stahl, 2003).
- e) Penganut konstruktivisme meyakini opini bahwa selama ini siswa telah ditempatkan sebagai *receiver* pasif pengetahuan untuk waktu yang lama (Brook & Brook, 1993) dan guru telah terlalu banyak berperan sebagai *transmitter* pengetahuan dengan cara *sage on the stage*, namun kenyataan menunjukkan pengetahuan tidak bisa ditransmisikan (Laroche, Bednarz & Garrison, 1998).
- f) Piaget sebagai pencetus konstruktivisme selalu tiba pada kesimpulan bahwa aksi adalah instrumen utama untuk mengakuisisi pengetahuan (De Vries & Kohlberg, 1987).
- g) Dalam konstruktivisme, guru harus menyediakan fasilitas agar siswa dapat: menemukan, mencipta dan mengaplikasikan melalui diri mereka sendiri;

mendorong diri mereka sendiri; dan bersungguh-sungguh memahami materi yang mereka pelajari (Marlowe & Page, 1998).

- h) Jonassen, et al (1999) mengidentifikasi beberapa komponen lingkungan belajar konstruktivisme sebagai berikut: problem-problem yang menarik; kasus-kasus yang berhubungan; sumber-sumber informasi; peralatan kognitif; percakapan; dan dukungan kegiatan yang berdimensi sosial.
- i) Untuk menciptakan lingkungan belajar konstruktivisme, guru dapat mempresentasikan gambaran umum tentang materi kepada siswa; memberikan pertanyaan dan waktu kepada siswa untuk meresponnya; mendorong siswa untuk bertanya; menggali pemahaman siswa; menggunakan sumber-sumber primer dan materi interaktif; memperhatikan pengalaman dan pengetahuan siswa; mencoba untuk memahami gagasan dan pandangan siswa; menyediakan peluang eksplorasi; diskusi dan refleksi; meminta untuk menjelaskan lebih lanjut dari respons siswa; mengizinkan secara luwes penggunaan bahan-bahan pelajaran; mendorong kerja kelompok; melayani siswa dengan berbagai pendekatan; dan menilai belajar siswa menggunakan proyek dan portofolio (Brook & Brook, 1993, Jonassen et al, 1999, Wilson, 1996).
- j) Dalam menyampaikan materi pelajarannya, guru penganut konstruktivisme akan melakukan pergeseran orientasi dari mengajar ke belajar dan menciptakan lingkungan belajar yang aman dan nyaman bagi siswa (Marlowe & Page, 1998).

2) Klasifikasi Konstruktivisme

Doolittle & Camp (1999: 6) dengan mengutip beberapa sumber menyebutkan bahwa teori belajar konstruktivisme sesungguhnya bersifat kontinyu sehingga pengklasifikasiannya dapat dilakukan dengan membaginya ke dalam tiga jenis yakni konstruktivisme kognitif (Anderson, 1993; Mayer, 1996), konstruktivisme sosial (Cobb, 1994; Vygotsky, 1978) dan konstruktivisme radikal (Piaget, 1973; von Glasersfeld, 1995). Selanjutnya Doolittle & Camp menyatakan bahwa pengertian ketiga jenis teori belajar konstruktivisme dapat ditinjau dari nilai-nilai dasar yang melandasinya yakni: (1) pengetahuan diterima tidak secara pasif melainkan hasil pengenalan secara aktif oleh individu, (2) kesadaran dalam menerima pengetahuan adalah proses adaptif, (3) fungsi kesadaran adalah mengorganisir pengalaman individu dan bukan menemukan realitas secara ontologis (von Glasersfeld, 1998), (4) pengetahuan memiliki akar di dalam konstruksi yang bersifat biologis/neurologis dan di dalam interaksi-interaksi berbasis sosial, budaya maupun bahasa (Dewey, 1916; Maturana & Varela, 1992; Gergen, 1995; Garrison, 1997; Larochelle, Bednarz, & Garrison, 1998).

Konstruktivisme kognitif menganut dua nilai dasar yang pertama saja, sehingga berpandangan bahwa akuisisi pengetahuan merupakan proses adaptif dan hasil dari pengenalan secara aktif oleh individu. Perhatian utama konstruktivisme kognitif ini adalah pada pengembangan konstruksi mental yang akurat dari realitas yang diterima individu. Konstruktivisme radikal menggunakan tiga nilai dasar yang pertama sehingga penganutnya selain berpandangan bahwa pengetahuan dapat diperoleh melalui pengenalan secara aktif dan adaptif oleh individu, juga meyakini bahwa akuisisi pengetahuan pada dasarnya adalah proses

mengubah ingatan berbasis pengalaman dan menekankan pada pembangunan sebuah realitas pengalaman yang koheren/masuk akal. Sedangkan konstruktivisme sosial menggunakan prinsip berdasarkan nilai dasar terakhir yakni menekankan pada realitas yang dibangun secara sosial atau realitas yang dibangun atas dasar kesepakatan melalui interaksi-interaksi sosial, budaya maupun bahasa.

3) Prinsip-prinsip Pokok Konstruktivisme

Dengan merujuk beberapa sumber, selanjutnya Doolittle & Camp (1999: 9-13) menyatakan bahwa dalam dunia pembelajaran, teori belajar konstruktivisme memiliki delapan faktor esensial yakni: (1) belajar harus dilaksanakan di lingkungan asli dan dunia nyata (Wirth, 1972; von Glasersfeld, 1984), (2) belajar harus melibatkan negosiasi dan mediasi sosial (Gergen, 1995; Spivey, 1997), (3) isi pelajaran dan keterampilan yang diajarkan harus dibuat sesuai dengan kebutuhan siswa (Camp, 1982; Pintrich & Schunk, 1996), (4) isi pelajaran dan keterampilan harus dapat dipahami dalam kerangka pengetahuan awal siswa, (5) siswa harus diberi penilaian formatif dan informasi awal tentang pengalaman belajar waktu yang akan datang, (6) siswa harus didorong agar mampu mengatur diri sendiri, memediasi diri sendiri dan peduli dengan diri sendiri (Vygotsky, 1978; Brown & Palincsar, 1987; McNabb, 1997), (7) guru berfungsi terutama sebagai pemandu dan fasilitator belajar, dan bukan sebagai instruktur (Hammonds and Lamar, 1968; von Glasersfeld, 1996; Lynch, 1997), (8) guru harus menyediakan pandangan dalam berbagai perspektif terhadap materi yang disampaikan (Hammonds & Lamar, 1968; Wertsch, 1985; Lynch, 1997).

Sementara Driscoll (2005: 394-395) menyebutkan bahwa prinsip-prinsip pokok dalam teori belajar konstruktivisme mencakup lima aspek yakni:

(1) kegiatan belajar harus disematkan pada lingkungan yang kompleks, realistik dan sesuai, (2) lingkungan belajar harus menyediakan fasilitas kegiatan negosiasi sosial sebagai bagian integral dari proses pembelajaran, (3) guru harus menyediakan dan menggunakan berbagai perspektif dan banyak model dalam penyelenggaraan proses belajar, (4) guru harus mendorong siswa menumbuhkan rasa kepemilikan terhadap kegiatan belajar, dan (5) guru harus membangkitkan dan memelihara pada diri siswa rasa kepedulian diri sendiri terhadap proses konstruksi pengetahuan.

4) Konstruktivisme Dalam Pembelajaran Kolaborasi *Online*

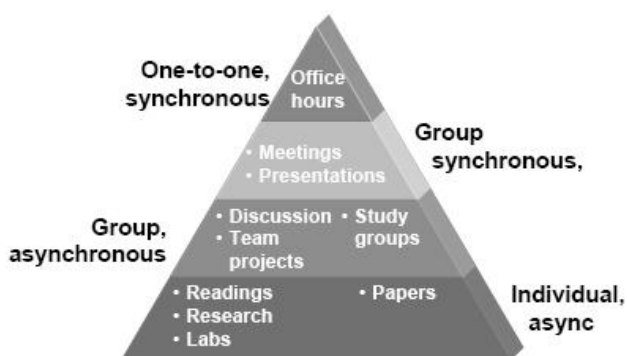
Dalam lingkungan belajar *online*, model-model belajar berbasis teori konstruktivisme yang sering digunakan adalah *situated learning*, *problem-based learning*, *communities of practice*, simulasi (Masson & Rennie, 2006: xviii), dan Horton (2006: 415) menambahkannya dengan belajar kolaboratif. Masson & Rennie selanjutnya menyatakan bahwa konsep *situated learning*, sebagai bentuk dari belajar berbasis konstruktivisme, telah dikembangkan pertama kali oleh Lave & Wenger (1990) yang berpendapat bahwa belajar secara normal merupakan fungsi dari aktivitas, konteks serta budaya. Oleh karena itu, belajar dengan model ini mengharuskan siswa berada di dalam lingkungan fisik dan sosial tertentu sesuai dengan pengetahuan yang sedang dipelajarinya. Situasi ini bertolak belakang dengan pembelajaran kelas tradisional yang biasanya mempresentasikan pengetahuan dalam bentuk abstrak dan keluar dari konteks. Sementara Robinson, Molenda & Rezabek (2008: 34) berpandangan bahwa model belajar *situated learning* menekankan pada pengertian bahwa semua pikiran manusia disusun dalam konteks yang spesifik seperti waktu, tempat maupun kondisi sosial.

Model pembelajaran *online* seperti *E-Learning*, menyediakan banyak peluang untuk menciptakan lingkungan *situated learning*. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi khususnya internet yang sangat pesat saat ini telah memungkinkan pengelolaan sumber-sumber informasi menjadi lebih mudah dan murah. Hal ini membawa implikasi kepada meningkatnya kepedulian banyak pihak terhadap pentingnya penyediaan sumber-sumber pengetahuan yang dapat diakses dengan mudah oleh semua orang di seluruh dunia. Dengan teknologi *web*, lingkungan *situated learning* dapat diciptakan melalui penyediaan berbagai *link* ke sumber-sumber informasi di internet untuk memberi kesempatan kepada siswa memasuki lingkungan yang sesuai dengan pelajaran yang sedang diikutinya.

Model *situated learning* memberikan berbagai implikasi instruksional seperti perlunya: penciptaan lingkungan belajar yang bersifat *open-ended*, belajar berbasis penemuan, inkuiri dan lingkungan; penyediaan dukungan multi perspektif pada setiap materi yang dipelajari siswa; penyediaan peluang aktivitas interaksi sosial; pembelajaran dengan permainan peran, debat, maupun konteks asli, dan termasuk di dalamnya adalah pembelajaran berbasis kasus, pembelajaran berbasis masalah, pembelajaran melalui *communities of practice* (CoP), magang, *anchored instruction*, *microworlds*, serta simulasi (Dabbagh, 2005: 29). Jika implikasi ini dikaitkan dengan implementasi pembelajaran praktik *online* yang berorientasi pada aktivitas *open-ended*, inkuiri dan penemuan, maka ruh konstruktivisme sesungguhnya sudah tersemat di dalam penyelenggaraan kegiatan praktik *online* ini. Untuk menjaga agar senantiasa *inline* pada jalur konstruktivisme, pembelajaran praktik *online* yang dibangun juga perlu menyediakan fasilitas simulasi guna memberi kesempatan kepada individu merasakan dunia real dalam

melaksanakan aktivitas belajarnya. Paham konstruktivisme juga mempersyaratkan agar pembelajaran praktik *online* diselenggarakan dengan memberi peluang individu-individu berinteraksi secara sosial, dan hal ini dapat diwujudkan dalam bentuk belajar kolaboratif melalui kelompok-kelompok kecil (*small group*).

Belajar kolaboratif merupakan turunan dari prinsip belajar konstruktivisme kedua dari Driscoll yakni lingkungan belajar harus menyediakan fasilitas kegiatan negosiasi sosial, dan menggabungkan beberapa model belajar konstruktivisme lainnya (Robinson, Molenda & Rezabek, 2008: 35). Model belajar ini dapat dengan mudah diwujudkan dalam lingkungan pembelajaran praktik *online*, mengingat saat ini telah banyak tersedia LMS seperti perangkat lunak *Moodle* yang kelengkapannya dapat mendukung cara belajar tersebut. Dalam pembelajaran praktik *online*, kegiatan kolaboratif yang mencerminkan paham konstruktivisme dapat dilaksanakan dalam beberapa model seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini (Horton, 2006: 419).



Gambar 10.
Lapisan Model Belajar Kolaborasi *Online*

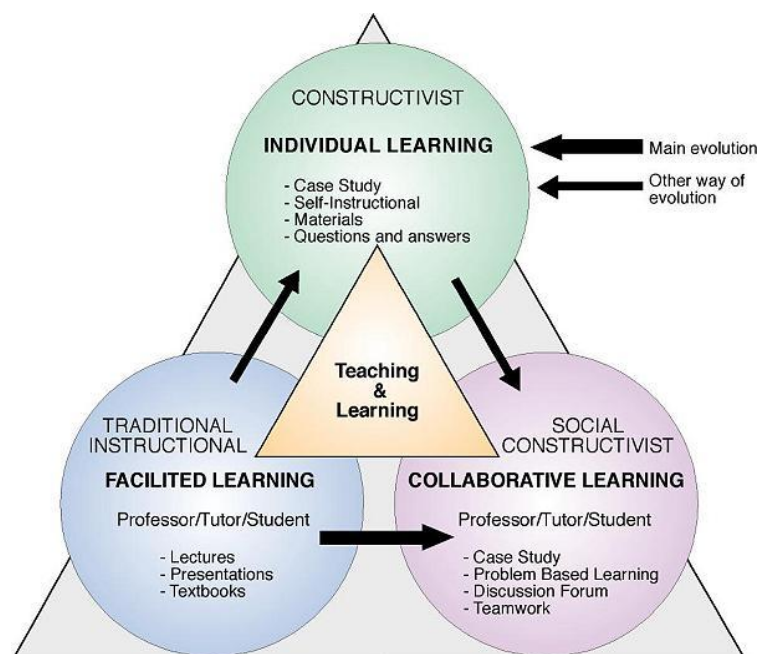
Kinerja terbaik dari model piramida pada gambar di atas adalah pada lapisan paling bawah dan berurut-turut menuju ke puncak piramida menunjukkan

kinerja yang semakin rendah. Lapisan terbawah menunjukkan model belajar kolaboratif secara *online* individual dan asinkron. Pada model ini, individu berkolaborasi dengan individu-individu yang lain melalui media *online* asinkron seperti *email*, *mailinglist*, *bulletin board*, forum diskusi, dan media sosial *online* lainnya. Aktivitas belajarnya dilakukan dengan membaca, meneliti, simulasi laboratorium, dan penulisan. Lapisan berikutnya menunjukkan aktivitas belajar kolaboratif melalui kelompok dan bersifat asinkron. Pada model ini, individu-individu tergabung dalam kelompok-kelompok kecil yang melakukan kolaborasi dalam bentuk diskusi maupun proyek tim, dan media *online* yang digunakan sama dengan media asinkron pada lapisan paling bawah. Lapisan *group synchronous* menunjukkan kegiatan belajar kolaboratif dalam bentuk kelompok-kelompok kecil menggunakan media *online* sinkron seperti *chat room*, presentasi *online* sinkron, *audio conferencing*, dan *video conferencing*. Lapisan paling atas menunjukkan belajar kolaboratif satu individu dengan satu individu yang lain melalui komunikasi *online* sinkron. Agar proses kolaboratif dapat efektif perlu diperhatikan aspek kefasihan dalam berbahasa, aksen/logat yang digunakan, keterampilan menulis pesan, dan keahlian teknis dalam mengoperasikan piranti komunikasi (Horton, 2006: 420).

Selain model *situated learning* dan belajar kolaboratif, model pembelajaran lain yang sering digunakan pada proses belajar dengan lingkungan *online* berbasis paham konstruktivisme adalah belajar berbasis masalah. Pembelajaran ini memberikan tantangan kepada siswa untuk melakukan aktivitas bekerja sama dalam kelompok guna mencari solusi terhadap masalah-masalah dunia nyata dan masalah-masalah tersebut difungsikan sebagai pembangkit rasa

ingin tahu siswa khususnya pada saat pelajaran dimulai (Masson & Rennie, 2006: xix). Model belajar ini mempersiapkan siswa agar dapat berpikir kritis dan analitis, serta dapat menemukan dan menggunakan sumber-sumber pembelajaran yang tepat.

Walaupun konstruktivisme terlihat akan dominan mewarnai implementasi *E-Learning*, namun sesungguhnya di dalam suatu kegiatan pembelajaran tidak bisa terlepas dari pengaruh teori belajar yang lain. Oleh sebab itu, Bjørke, et. al (2005) yang dikutip oleh Hasibuan (2006: 4) menawarkan model pembelajaran *E-Learning* terpadu dengan konstruktivisme sebagai paham utama seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 11.
Ilustrasi Pembelajaran *E-Learning* Terpadu
Dengan Paham Utama Konstruktivisme

Dengan memperhatikan berbagai tinjauan tentang teori belajar konstruktivisme seperti telah dikemukakan melalui uraian-uraian tersebut di atas,

dapat diambil pengertian bahwa teori konstruktivisme sangat tepat digunakan sebagai landasan filosofis pengembangan dan penyelenggaraan kegiatan pembelajaran praktik *online*. Semangat konstruktivisme akan senantiasa melekat pada kegiatan pembelajaran praktik *online* ini manakala disainnya merupakan turunan dari prinsip-prinsip konstruktivisme seperti perlunya kegiatan praktik berorientasi pada aktivitas *open-ended*, inkuri dan penemuan, perlunya pendekatan kontekstual dengan menyediakan berbagai simulasi dunia real, dan perlunya kegiatan belajar secara kolaboratif. Ketersediaan teknologi *online* yang mampu mendukung sepenuhnya implementasi prinsip-prinsip konstruktivisme, menjadikan teori belajar ini semakin tepat sebagai landasan filosofi pembelajaran praktik secara *online*.

d. Matriks Filosofi Pembelajaran Praktik *Online*

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, dapat dikemukakan bahwa filosofi kontemporer berbasis paham pragmatisme sangat tepat digunakan sebagai landasan pengembangan kurikulum. Sedangkan dari sisi model mengajar, telah dapat ditunjukkan bahwa berpikir induktif, inkuiri, investigasi kelompok, *nondirective teaching* dan simulasi merupakan teori-teori mengajar kontemporer yang cocok digunakan sebagai model mengajar pada pembelajaran praktik *online*. Pada level belajar, telah dapat ditunjukkan pula bahwa konstruktivisme merupakan teori belajar yang prinsip-prinsipnya sesuai dan dapat diterapkan pada pembelajaran praktik *online*. Tabel 17.a. berikut ini menunjukkan matriks yang menghubungkan antara landasan filosofi dengan aktivitas mengajar dan belajar pada pembelajaran praktik *online*.

Tabel 17. a.
Matriks Landasan Filosofi Pembelajaran Praktik *Online*

Aktivitas Mengajar dan Belajar		Kurikulum/ Silabi/SAP	Pemberian Pra Syarat: Peng- operasian perangkat pembelajar- an <i>online</i> dan simulator	Pemberian Tugas Awal, <i>Pre Tes</i> , Penilaian Praktik, <i>Post Test</i> , Portofolio Setiap sesi	Praktik Secara Kolabo- ratif <i>Online</i> Dalam Kelom- pok Kecil	Praktik Dengan Simulator yang memiliki tingkat realitas tinggi	Praktik dengan metode inkuiri memakai panduan <i>open- ended</i>
Filosofi							
Filosofi Kontemporer	<i>Progressivism</i>	√					
	<i>Reconstructionism</i>	√					
Model Pengajaran	Berpikir induktif				√	√	√
	Inkuiri						√
	Investigasi Kelompok				√		
	<i>Nondirective teaching</i>						√
	Simulasi					√	
Prinsip Teori Belajar Konstruktivisme	Dekat dengan dunia nyata					√	
	Belajar dengan melibatkan negosiasi sosial				√		
	Isi pelajaran sesuai kebutuhan siswa						√
	Pemahaman materi sesuai pengetahuan awal siswa		√				
	Ada penilaian formatif dan informasi materi yang akan datang			√			
	Siswa dapat mengatur diri sendiri						√
	Guru sebagai pemandu						√
	Guru menyediakan berbagai perspektif materi						√
Peran SDM	Dosen	Perancang SAP	Mengajar secara tatap muka	Memantau dan memandu kegiatan praktik dan evaluasinya secara <i>online</i>			
	Instruktur			Membimbing secara <i>online</i> , memantau dan menilai kegiatan praktik, memberikan umpan balik dan menilai tugas			
	Teknisi		Melayani pendaftaran dosen, instruktur dan mahasiswa secara <i>online</i> sebagai pengguna portal laboratorium virtual				

Dari tabel di atas terlihat bahwa desain model pembelajaran praktik *online*, sekurang-kurangnya mengandung kegiatan: (1) pemberian materi

prasyarat pengoperasian perangkat-perangkat pembelajaran praktik *online* dan pengoperasian simulator; (2) praktik dengan metode inkuiri; (3) praktik secara kolaboratif *online* dalam kelompok-kelompok kecil; (4) praktik dengan menggunakan simulator yang memiliki tingkat realitas yang tinggi; dan (5) pemberian tugas pendahuluan, *pre-test*, penilaian aktivitas praktik, *post-test* dan penulisan laporan atau portofolio.

9. Model Pengembangan Produk Pendidikan

Pengembangan sebuah model pembelajaran dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan menggunakan model pengembangan yang telah diterapkan oleh para ahli sebelumnya. Sebuah produk pembelajaran yang dikembangkan, akan memiliki model dari level hipotetik sampai implementatif. Salah satu model pengembangan yang dapat digunakan untuk mengembangkan model hipotetik dari pembelajaran *online* adalah model dengan pendekatan Anderson (2008), seperti telah dijelaskan melalui gambar 8 di muka.

Selanjutnya, dari model hipotetik yang diperoleh, pengembangan model dapat diteruskan ke pengembangan model pembelajaran level implementatif. Salah satu model level implementatif yang banyak digunakan untuk pengembangan produk pembelajaran adalah model yang mengikuti siklus analisis, disain, pengembangan, implementasi dan evaluasi atau *analysis, design, development, implementation, evaluation* disingkat ADDIE, seperti model yang pernah digunakan oleh Branch & Deissler (2008: 207).

Dalam model ADDIE, pengembangan diawali dari bagian analisis, berturut-turut diteruskan ke bagian disain, pengembangan dan implementasi. Pada

tiap bagian dapat dilakukan evaluasi untuk memperoleh hasil pengembangan produk terbaik. Molenda & Boling (2008: 109) memberikan penjelasan tentang deskripsi langkah pada model pengembangan ADDIE seperti pada tabel berikut.

Tabel 18.
Deskripsi Langkah Model Pengembangan ADDIE

Langkah	Deskripsi
Analisis	<ul style="list-style-type: none"> a. Menentukan kebutuhan belajar siswa/mahasiswa b. Menganalisis pembelajaran yang sedang berlangsung untuk menentukan sasaran pada aspek kognitif, afektif dan psikomotorik dari tujuan c. Menentukan jenis keterampilan yang diharapkan dimiliki siswa/mahasiswa sebagai dampak pembelajaran yang diberikan d. Menganalisis ketersediaan waktu dan lama periode untuk mencapai hasil belajar yang baik e. Menganalisis konteks dan sumber-sumber yang diperlukan untuk mencapai setiap tujuan pembelajaran yang diselenggarakan
Disain	<ul style="list-style-type: none"> a. Menentukan topik-topik pembelajaran yang akan diberikan b. Menerjemahkan tujuan pembelajaran ke dalam sasaran utama masing-masing topik pelajaran c. Menentukan waktu yang dibutuhkan pada masing-masing topik d. Mengurutkan topik-topik yang akan diberikan e. Menyempurnakan topik-topik yang telah disusun f. Mendefinisikan bahan dan aktivitas belajar untuk masing-masing topik g. Mengembangkan spesifikasi penilaian
Pengembangan	<ul style="list-style-type: none"> a. Memutuskan jenis bahan dan aktivitas belajar yang akan diselenggarakan b. Menyiapkan konsep bahan dan aktivitas belajar c. Menguji coba bahan dan aktivitas belajar kepada siswa/mahasiswa d. Merevisi, menghaluskan dan memproduksi bahan serta aktivitas belajar e. Menyelenggarakan pelatihan untuk guru/dosen
Implementasi	<ul style="list-style-type: none"> a. Melakukan sosialisasi produk yang telah dikembangkan agar dapat digunakan oleh guru/dosen dan siswa/mahasiswa b. Menyediakan bantuan atau dukungan yang dibutuhkan
Evaluasi	<ul style="list-style-type: none"> a. Melakukan evaluasi terhadap siswa/mahasiswa dan program b. Melakukan perawatan produk c. Merevisi produk

Selain ADDIE, model pengembangan yang banyak digunakan sebagai pendekatan dalam pengembangan produk pembelajaran adalah melalui prosedur-prosedur dalam *research and development*. Borg & Gall (1983: 772-775) menyebutkan bahwa tujuan penelitian pengembangan tidak sekedar membuat

produk, melainkan juga untuk menemukan pengetahuan-pengetahuan baru melalui penelitian dasar serta untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang masalah-masalah pendidikan praktis seperti pembelajaran di kelas dan praktikum di laboratorium. Pengembangan produk melalui penelitian pengembangan mengikuti prosedur yang mencakup 10 fase seperti disajikan pada tabel 19.

Tabel 19.
Tahap-tahap Prosedur Pengembangan Produk

Tahap	Deskripsi Tahap Pengembangan	Tahap Model ADDIE
Penelitian Pendahuluan	a. Kajian pustaka b. Kajian produk terkini c. Observasi kelas/laboratorium d. Analisis masalah	Analisis
Perencanaan	a. Identifikasi dan definisi kompetensi b. Perumusan tujuan pembelajaran c. Urutan pembelajaran	Desain
Pengembangan Produk Awal	a. Penyiapan materi pembelajaran b. Penyusunan buku pegangan c. Penyusunan perangkat evaluasi	Pengembangan
Ujicoba Awal	Uji oleh ahli dengan pendekatan: Expert Judgement (Teknik <i>Delphi</i> dan <i>Focus Group Process</i>)	Evaluasi, Pengembangan
Revisi Produk Utama	a. Melakukan revisi produk berdasarkan saran-saran para ahli b. Melakukan revisi produk berdasarkan hasil ujicoba lapangan	Evaluasi, Pengembangan
Ujicoba Lapangan Utama	Melakukan ujicoba kepada calon pengguna untuk menguji produk dalam memenuhi 2 kriteria yakni kriteria instruksional dan kriteria presentasi (efektivitas proses pembelajaran, kemenarikan dan kemudahan operasi)	Evaluasi, Pengembangan
Revisi Produk Operasional	Melakukan revisi produk berdasarkan masukan dan saran-saran hasil ujicoba lapangan	Evaluasi, Pengembangan
Ujicoba Lapangan Operasional	Melakukan ujicoba lapangan (<i>field-tested</i>) terhadap calon pengguna produk, dengan cakupan lebih luas	Evaluasi, Pengembangan
Revisi Produk Akhir	Melakukan revisi produk berdasarkan masukan dan saran-saran hasil ujicoba lapangan dengan cakupan lebih luas	Evaluasi, Pengembangan
Desiminasi dan Implementasi	Melaporkan dan menyebarluaskan produk melalui pertemuan dan jurnal ilmiah	Implementasi

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Kajian terhadap hasil-hasil penelitian yang relevan diperlukan untuk menemukan konsep-konsep pembelajaran praktik menggunakan simulator secara *online* yang digali berdasarkan pengembangan-pengembangan yang bersifat spesifik oleh para peneliti terdahulu. Colace, De Santo, & Pietrosanto (2004: 22-24) telah mendisain dan menerapkan *E-Lab* yang mengandung simulator di universitas mereka untuk melayani pembelajaran praktik Pengukuran Listrik dan Elektronika terhadap 100 mahasiswa yang terbagi dalam dua kelompok yakni kelompok mahasiswa yang dipandang tidak memiliki pengalaman dalam bidang pengukuran elektronika dan kelompok lain sebaliknya. Hasil pengukuran pada akhir kegiatan praktik menunjukkan bahwa kelompok mahasiswa yang tidak memiliki kemampuan awal pengukuran elektronika merasa puas karena tidak mengalami masalah dalam memahami cara kerja instrumen, demikian pula dosennya memberikan sikap yang positif terhadap kegiatan tersebut.

Selanjutnya, penelitian tersebut juga menemukan bahwa mahasiswa yang melakukan praktik dengan simulator dalam *E-Lab* secara *online* memberikan tingkat pemahaman yang lebih baik dibandingkan mahasiswa lain dengan praktik biasa. Dari hasil survei menunjukkan bahwa mahasiswa yang melakukan praktik menggunakan simulator secara *online* merasa memiliki waktu yang lebih banyak dalam merancang, mencoba dan melaksanakan topik-topik praktikum yang diberikan. Hasil penelitian ini telah memperkuat pandangan bahwa pembelajaran praktik menggunakan simulator yang diselenggarakan secara *online* dapat melayani praktikum secara masal, meningkatkan pemahaman mahasiswa, dan

menyediakan waktu serta kesempatan yang lebih banyak dalam pelaksanaan kegiatan praktik dibandingkan laboratorium yang bersifat *hands-on*.

Lang, et al. (2004: 1-12) telah melakukan evaluasi pedagogis terhadap penggunaan simulator di jurusan Teknik Elektro Universitas *Bordeaux* Perancis dengan melibatkan sebanyak 84 orang mahasiswa. Penelitian ini membagi mahasiswa ke dalam dua kelompok yakni satu kelompok melaksanakan praktik di laboratorium dan kelompok yang lain praktik dengan simulator melalui internet. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa praktik yang diselenggarakan dengan simulator memberikan kesuksesan hasil belajar yang sama dengan praktikum menggunakan laboratorium yang sesungguhnya. Temuan lain penelitian tersebut adalah mahasiswa merasa senang bekerja melalui praktik dengan simulator, dan bahkan menginginkan praktik untuk matakuliah lain juga bisa dilaksanakan secara *online*, praktikum *online* juga memberikan dorongan untuk belajar lebih banyak tentang topik yang sedang dipraktikkan.

Benmohamed, Lelevé & Prévot (2005: 11-16) mencoba mendisain simulator yang diintegrasikan ke dalam lingkungan *E-Learning* (LMS) yang sudah ada dan memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk dapat mengakses sesi-sesi percobaan dari portal layanan *E-Learning* yang sudah biasa mereka gunakan. Penelitian ini telah menunjukkan bahwa pembelajaran praktik *online* dapat diintegrasikan dengan lingkungan *E-Learning* yang bersifat umum sehingga memudahkan bagi dosen dalam menyusun skenario pembelajaran praktik maupun mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktiknya karena sudah mengenal dengan baik antarmuka yang digunakan.

Kantzavelou (2005: 263-274) telah mendisain simulator untuk kuliah pengantar ilmu komputer. Simulator yang dibangun mengandung tujuh modul dan salah satu modul itu adalah Gerbang Logika dan Rangkaian. Setelah dilakukan ujicoba kepada para mahasiswa, hasil evaluasinya menunjukkan bahwa pembelajaran praktik menggunakan simulator telah mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi-materi logika digital, representasi data dan struktur arsitektur komputer hingga 20% dari kemampuan mereka sebelum melakukan praktik.

Drigas, et. al (2005) telah melakukan penelitian dengan mendisain simulator untuk keperluan pelatihan tentang energi terbarukan. Simulator yang dibangun mampu menyediakan simulasi tentang sel fotovoltaik dan instalasi terpadu pembangkit daya berenergi matahari. Simulator ini telah diaplikasikan pada kelompok teknisi dalam suatu *e-training* dan membuktikan bahwa pembelajaran praktik menggunakan simulator sebagai bagian dari proses pelatihan memberikan situasi yang dinamis, kreatif dan dapat mencakup penyampaian materi-materi yang mengandung fenomena yang secara riil sulit dijangkau.

Lin & Lin (2005: 295-296) telah membangun simulator yang diintegrasikan dengan fasilitas *E-Lab* menggunakan web sebagai teknologi pendukungnya. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa simulator yang dibangun telah dapat digunakan secara fleksibel, dan memungkinkan pengembangan lebih lanjut.

Tzafestas, Palaiologou & Alifragis (2006: 360-369) telah melakukan evaluasi terhadap pembelajaran praktik menggunakan simulator. Evaluasi dilakukan dengan membagi terlebih dahulu mahasiswa ke dalam tiga kelompok

yakni kelompok I dilatih dengan menggunakan robot real, kelompok II dilatih dengan *R-Lab* dan kelompok III dilatih menggunakan simulator. Masing-masing kelompok dibagi lagi dalam sub-sub kelompok yang terdiri atas tiga sampai dengan lima orang. Selanjutnya setiap kelompok diberi latihan secara terpisah menggunakan jenis laboratorium sesuai dengan pembagian kelompok yang telah dilakukan selama 1 jam 30 menit. Pada akhir kegiatan pelatihan, dilakukan pengukuran terhadap keterampilan orde rendah dan keterampilan orde menengah/tinggi yang dihasilkan oleh mahasiswa. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan di antara ketiga kelompok yang diuji dan ketiganya memberikan pencapaian keterampilan yang baik dalam belajar robotika. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran praktik menggunakan simulator memiliki efektivitas yang sama dengan pembelajaran praktik menggunakan peralatan real.

Candelas, et. al (2006:1-6) melalui penelitiannya telah mendisain simulator yang dilengkapi dengan lingkungan belajar kolaboratif secara *online*. Hasil penelitian Candelas dan kawan-kawan menunjukkan bahwa pembelajaran praktik menggunakan simulator ternyata lebih efisien dibandingkan penggunaan *chatroom* maupun *shared blackboard* untuk mengajarkan topik-topik yang berhubungan dengan bidang teknik.

Corter, et. al (2007: 1-27) telah melakukan survei terhadap penggunaan tiga jenis laboratorium yakni *R-Lab*, simulator dan *Hands-on*. Penelitian dilakukan terhadap 306 mahasiswa program sarjana dari beberapa universitas dan akademi teknik di kawasan timur laut Amerika Serikat yang mengikuti kuliah Rekayasa dan Disain serta Mekanika dan Fluida. Kegiatan praktik dibagi ke

dalam 14 kelompok dan masing-masing kelompok itu didampingi oleh satu instruktur. Dalam setiap kelompok praktik selanjutnya dibagi lagi ke dalam sub-sub kelompok atau tim dan setiap tim terdiri dari 3 sampai dengan 4 orang mahasiswa. Oleh karena hanya ada dua topik praktik yang dilaksanakan, maka setiap kelompok melakukan praktik dengan dua kondisi yakni *remote* dan simulasi. Tim-tim yang masuk dalam kondisi *remote* melaksanakan praktik topik I dengan *hands-on* dan topik II dengan *R-Lab*, atau sebaliknya. Sedangkan tim-tim yang tergabung dalam kondisi simulasi, melakukan percobaan dengan *hands-on* untuk topik I dan simulator untuk topik II, atau sebaliknya. Dengan demikian terdapat empat kelompok perlakuan dengan jumlah anggota masing-masing adalah (*Hands-on*)-(*R-Lab*): 70 orang, (*R-Lab*)-(*Hands-on*): 86 orang, (*Hands-on*)-(simulator): 79 orang, dan (simulator)-(*Hands-on*): 71 orang. Pada akhir kegiatan praktikum dilakukan evaluasi dalam bentuk tes pencapaian akademik dan angket untuk menggali persepsi para mahasiswa.

Hasil pengujian statistik oleh Corter dan kawan-kawan menunjukkan bahwa keempat kelompok perlakuan memberikan pencapaian akademik yang sama baik, artinya tidak ada perbedaan yang signifikan di antara kelompok-kelompok itu dari sisi hasil belajarnya. Hal ini mengandung makna bahwa penyelenggaraan pembelajaran praktik menggunakan simulator memberikan efektivitas yang sama dengan pelaksanaan praktik menggunakan laboratorium *hands-on* maupun *R-Lab*. Penelitian itu juga menemukan bahwa tidak ada perbedaan tingkat kenyamanan yang signifikan antara pengguna *R-Lab* dan simulator dalam berbagai aspek seperti perasaan memperoleh perhatian, kemudahan dan kejelasan penggunaan, kejelasan instruksi, penggunaan waktu,

penjadwalan, aksesibilitas, kehandalan perangkat lunak, perasaan terhadap realitas, pengendalian terhadap eksperimen, dan kemampuan dalam menjelaskan struktur real.

Mateev, Todorova & Smrikarov (2007: IV.11.1-6) dari Universitas *Rousse* Bulgaria telah mengembangkan simulator dan sistem evaluasinya untuk mendukung pembelajaran praktik Disain Logika Digital. Hasil ujicoba pada penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan simulator pada pembelajaran praktik telah memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam implementasinya.

Penelitian yang dilakukan oleh Saleh, Mohamed & Madkour (2009: 9-17) telah menghasilkan sebuah simulator yang dapat digunakan oleh dosen dan mahasiswa untuk menyelenggarakan pembelajaran praktik rangkaian logika. Walaupun belum dilakukan ujicoba langsung pada mahasiswa, namun studi kasus demonstrasi penggunaan simulator yang dilakukan, telah menunjukkan bahwa simulator yang dikembangkan sangat berguna sebagai alat pembelajaran praktik. Bagi mahasiswa simulator bermanfaat: (1) sebagai sarana verifikasi hasil perhitungan analitik, (2) sarana evaluasi dan penemuan kesalahan dari tugas-tugas proyek sebelum diserahkan ke dosen, (3) mengurangi waktu dalam membangun rangkaian logika, (4) menghilangkan rasa khawatir terhadap tidak tersedianya komponen, (5) mendukung *e-learning*, (6) dapat dilaksanakan di sembarang tempat dan waktu.

Melalui penelitiannya, Radu (2010: 2.78-2.81) telah merancang simulator berbasis *web*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan untuk melakukan eksperimen secara simulatif.

Bailey & Freeman (2010: 13-25) telah mengembangkan simulator *breadboard* untuk mendukung praktikum rangkaian logika bagi para mahasiswa di Universitas *York*, Inggris. Simulator ini dilengkapi dengan komponen dan piranti IC logika dalam berbagai fungsi yang dapat ditampilkan sesuai dengan bentuk aslinya. Melalui simulator ini, kecuali dapat dibangun dan disimulasikan rangkaian logika, juga dapat dirancang IC logika yang memberikan fungsi-fungsi tertentu. Pengembangan simulator ini dilatarbelakangi oleh keyakinan peneliti bahwa kegiatan laboratorium rangkaian digital tidak akan efektif jika diselenggarakan menggunakan peralatan dan komponen yang bersifat simbolik. Mahasiswa harus dikondisikan agar melakukan kegiatan-kegiatan *hands-on* dengan langsung membangun dan menguji rangkaian yang sebenarnya. Salah satu fasilitas pendukung yang dapat mengantarkan mahasiswa melakukan kegiatan *hand-on* adalah *breadboard*. Namun, suatu kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan *breadboard* di luar pengawasan ketat pihak sekolah atau universitas, seperti di rumah, menurut hukum di Inggris dilarang karena dapat membahayakan penggunaannya. Dengan memperhatikan alasan tersebut, peneliti mengembangkan simulator *breadboard* yang dilengkapi dengan berbagai komponen dan piranti yang tampilannya seperti benda aslinya.

Wolf (2010: 216-222) telah melakukan penelitian tentang penilaian hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Jaringan Komputer yang menggunakan simulator di Universitas Massachusetts Amerika Serikat. Penilaian dilakukan terhadap 29 mahasiswa yang mengikuti kuliah dengan 4 kali kegiatan praktik menggunakan simulator. Hasil penilaian pada penelitian tersebut menemukan bahwa simulator telah memungkinkan mahasiswa belajar dengan hasil pencapaian

yang baik. Penelitian ini juga menemukan bahwa hasil belajar menggunakan simulator sama efektifnya dengan hasil belajar melalui kuliah di kelas.

Goodwin, et al. (2011: 48-55) telah melakukan studi tentang implementasi simulator sebagai alternatif untuk menggantikan laboratorium real di lingkungan pendidikan teknik kontrol yang murah menggunakan strategi pembelajaran berbasis masalah dan pembelajaran berbasis riset. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan simulator dalam pembelajaran praktik memberikan opini yang sangat positif di kalangan mahasiswa terhadap relevansinya dengan realitas dunia industri. Dalam penelitian ini juga terungkap bahwa dengan menggunakan simulator, mahasiswa merasa terbantu secara efektif dalam proses belajarnya.

C. Kerangka Pikir Pengembangan

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan simulator dalam pembelajaran praktik di perguruan tinggi teknik dapat memberikan hasil belajar yang baik bagi para mahasiswa yang mengikutinya, dan bahkan dalam kasus tertentu lebih efektif dibandingkan dengan praktik biasa menggunakan peralatan *hands-on*. Kenyataan-kenyataan tersebut telah memperkuat keyakinan bahwa pembelajaran praktik menggunakan simulator layak diselenggarakan untuk menggantikan pembelajaran praktik menggunakan peralatan real.

Kelayakan penyelenggaraan pembelajaran praktik menggunakan simulator ini juga diperkuat dengan kenyataan-kenyataan hasil temuan penelitian yang menunjukkan bahwa dalam pembelajaran praktik ini, mahasiswa merasa: (1) puas karena tidak mendapatkan masalah dalam melaksanakan praktik, walaupun tidak

berbekal kemampuan awal tentang pengukuran, (2) senang karena sifatnya *online* sehingga dapat dilaksanakan di sembarang tempat pada sembarang waktu dan memberikan dorongan untuk belajar lebih banyak tentang topik yang sedang dipraktikkan, (3) memiliki banyak waktu untuk merancang, mencoba dan melaksanakan praktik, (4) berada pada situasi yang realistis, dinamis, dan kreatif, (5) dapat melakukan praktik terhadap fenomena yang secara riil sulit dijangkau dan berbahaya, (6) memperoleh perhatian, (7) mudah dalam menggunakan, (8) jelas dalam memahami instruksi, (9) senang dengan jadwal yang disusun, (10) puas terhadap akses yang ada, (11) puas dengan kehandalan perangkat lunak, (12) puas karena dapat mengendalikan eksperimen, (13) memperoleh manfaat, karena dapat digunakan sebagai sarana verifikasi hasil perhitungan analitik, sarana evaluasi dan penemuan kesalahan dari tugas-tugas proyek sebelum diserahkan ke dosen, (14) tidak khawatir terhadap kurangnya komponen dan instrumen, serta (15) terbantu secara efektif dalam proses belajarnya.

Selain itu, hasil-hasil penelitian juga telah berhasil mengungkapkan bahwa dosen memiliki persepsi dan opini yang positif terhadap penyelenggaraan pembelajaran praktik *online* menggunakan simulator, dengan alasan pembelajaran ini efisien dan fleksibel, dapat diselenggarakan dengan menggunakan program *open source* gratis, dapat melayani praktik secara masal, memungkinkan pengembangan lebih lanjut, dapat diakses dengan mudah melalui jaringan lokal dan global berbasis internet, dan dapat diintegrasikan dengan *E-Learning* sehingga mempermudah pengubahan skenario pembelajaran.

1. Pemilihan Inkuri Terbimbing Sebagai Metode Pembelajaran Praktik

Sesuai dengan kajian teoritik yang telah dilakukan, penyelenggaraan praktik akan dapat dilaksanakan secara efektif, yakni meningkatkan hasil belajar, apabila digunakan metode inkuiri. Penggunaan metode ini juga dilakukan untuk memenuhi tuntutan perlunya penciptaan lingkungan *situated learning* bagi penyelenggaraan pembelajaran praktik menggunakan simulator yang berlandaskan konstruktivisme. Metode kegiatan pembelajaran praktik ini memiliki sifat gradatif dari level longgar, dengan ciri aktivitas *open-ended*, sampai level yang sangat ketat. Inkuiri terbuka, yakni inkuiri dengan level paling longgar, akan mengarahkan mahasiswa untuk melaksanakan praktikum secara bebas dan mandiri. Dalam kegiatan ini mahasiswa menentukan sendiri pertanyaan-pertanyaan yang berhubungan dengan tujuan pembelajaran dan sekaligus menyusun jawabannya melalui kegiatan pengamatan dengan bahan-bahan dan prosedur yang juga ditentukan sendiri. Sedangkan pada level paling ketat, yakni inkuiri terstruktur, pertanyaan-pertanyaan, bahan-bahan dan prosedur pengamatan ditentukan dan disediakan oleh dosen, sementara mahasiswa melaksanakan pengamatan sesuai prosedur yang ada dan menjawab pertanyaan-pertanyaan berdasarkan pengamatan sebagai bentuk perolehan pengetahuan.

Dalam kajian teoritik telah dikemukakan bahwa metode inkuiri terbuka kurang baik bagi mahasiswa yang kurang memiliki penalaran induktif, sedangkan metode inkuiri terstruktur terlalu ketat dan mendekati *cookrecipe*, sehingga oleh Westwood (2008: 28) ditawarkan metode inkuiri terbimbing sebagai jalan moderat yang secara rasional dapat terlaksana namun tetap menjaga sifat terbuka dari metode yang digunakan. Metode inkuiri terbimbing merupakan inkuiri terstruktur

yang direduksi tingkat keketatannya dengan memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk menyusun sendiri prosedur pengamatan yang akan dilakukan. Memperhatikan hal tersebut, model pembelajaran praktik yang dikembangkan pada penelitian ini akan menggunakan inkuiri terbimbing sebagai metode pelaksanaan praktiknya.

2. Pemilihan Kolaborasi *Online* Sebagai Pendekatan Pembelajaran Praktik

Kerja kelompok secara kolaboratif adalah salah satu semangat yang mencerminkan teori belajar konstruktivisme sebagai landasan filosofi pembelajaran praktik. Oleh sebab itu, model pembelajaran praktik yang dikembangkan dilengkapi dengan media yang memungkinkan terselenggaranya kerja kolaborasi *online* untuk memberi kesempatan kepada mahasiswa melakukan kegiatan negosiasi sosial sebagai ciri kedua prinsip konstruktivisme. Lingkungan kerja kolaboratif *online* ini dapat diimplementasikan dengan memanfaatkan program-program yang menyediakan kelengkapan *shared-desktop* sehingga mahasiswa merasa menemukan situasi kerja kelompok yang real ketika bekerja dalam lingkungan *online*.

Sebelum kegiatan pembelajaran praktik dilaksanakan, dosen melakukan pembagian kelompok terhadap mahasiswa yang telah registrasi. Untuk menjaga efektivitas kerja kolaboratif, pembelajaran praktik yang dikembangkan dilengkapi dengan media yang memungkinkan terselenggaranya komunikasi sinkron seperti *chatroom* untuk komunikasi teks, audio dan video serta asinkron seperti *email* dan forum diskusi.

3. Pemilihan Simulator Sebagai Alat dan Bahan Pembelajaran Praktik

Prinsip konstruktivisme yang pertama adalah kegiatan belajar harus disematkan pada lingkungan yang kompleks, realistik dan sesuai. Pernyataan ini membawa implikasi ke arah perlunya kegiatan-kegiatan praktik menyediakan kondisi-kondisi yang realistik bagi penggunaannya. Terlebih lagi produk ini menghasilkan model pembelajaran praktik *online* simulatif sehingga memerlukan berbagai media yang dapat membawa pesertanya memasuki *mind set* dunia real. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menyediakan fasilitas simulasi yang mewakili dunia real. Berbagai penelitian di atas telah menunjukkan bahwa simulasi mampu menciptakan perasaan realistis, dinamis, dan kreatif pada diri mahasiswa. Melalui simulasi juga dapat dilakukan kegiatan-kegiatan yang secara real sulit dijangkau dan berbahaya. Atas dasar hal tersebut, produk yang dibangun ini akan menggunakan simulator *breadboard* dan simulator DSCH2 sebagai media yang menyediakan alat dan bahan virtual dengan visualisasi mendekati wujud realnya pada lingkungan pembelajaran praktik *online*.

4. Pemilihan Jenis Evaluasi Pembelajaran Praktik

Sesuai dengan kajian teori yang telah dilakukan, tugas-tugas kegiatan praktik dapat diberikan dalam durasi waktu sangat pendek (kurang dari 20 menit), (pendek sekitar 80 menit), medium, atau panjang (sekitar 2 minggu atau lebih). Merujuk pada durasi tugas tersebut, produk yang dikembangkan ini dilengkapi dengan modul evaluasi yang terdiri atas tugas pendahuluan, *pre-test*, *post-test*, kegiatan praktik dan tugas laporan. Tugas pendahuluan dan *pre-test* diberikan sebelum praktik menggunakan mode *online* asinkron dengan memanfaatkan fitur *quiz* yang ada pada LMS dalam waktu maksimum 20 menit. Tugas laporan

dikerjakan dalam waktu maksimum satu minggu menggunakan mode *online* asinkron yakni pengiriman tugas melalui *email* atau fitur *submit* yang ada pada modul evaluasi. Isi laporan praktikum mencakup (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan. Sedangkan *post-test* diberikan seperti halnya *pre-test* melalui *online* asinkron dengan instrumen berbentuk dokumen *softcopy* selama 20 menit setelah setiap sesi praktik selesai..

5. Penetapan Materi Pembelajaran Praktik

Agar pembelajaran praktik Teknik Digital yang dikembangkan dapat memenuhi standar minimum yang ditetapkan oleh regulasi di Indonesia, maka topik-topik praktik yang diselenggarakan harus mencakup materi Gerbang Digital Dasar, Rangkaian Kombinasional, Rangkaian Sekuensial, Counter, Register, Adder, Subtractor, dan Comparator. Produk yang dikembangkan menyediakan 8 topik praktik yakni: (1) Watak Gerbang Logika Dasar, (2) Rangkaian Logika Kombinasional, (3) Komparator dan Penjumlah Biner, (4) Multiplexer dan Demultiplexer, (5) Encoder dan Dekoder, (6) Flip-flop, (7) Pencacah, dan (8) Register.

6. Pemilihan Program *E-Learning* Sebagai Media Pembelajaran Praktik

Perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat saat ini telah memungkinkan implementasi pembelajaran praktik *online* dapat dilakukan dengan mudah dan berbiaya rendah. Melalui kajian teoritik telah dapat ditunjukkan bahwa teknologi jaringan internet dan *web* dapat berperan secara strategis sebagai basis inovasi dalam bidang pendidikan termasuk teknologi pembelajaran. Berbagai penelitian yang telah dikaji juga menunjukkan bahwa

implementasi pembelajaran praktik *online* menggunakan simulator di berbagai perguruan tinggi banyak dilakukan dengan menggunakan arsitektur jaringan *client-server* berbasis teknologi internet dan *web*. Pesatnya perkembangan perangkat lunak LMS sebagai pendukung *E-Learning* khususnya jenis *open source* yang dapat diperoleh secara gratis, telah memberi peluang yang semakin besar bagi implementasi pembelajaran praktik *online* menggunakan simulator berbiaya murah. Saat ini telah banyak institusi pendidikan, termasuk perguruan tinggi yang memanfaatkan perangkat lunak LMS *open source* tersebut, seperti *Moodle*, sebagai *platform* pengembangan lingkungan *E-Learning*. Beberapa penelitian yang telah dikaji juga telah menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran praktik *online* banyak dilakukan dengan mengintegrasikannya dengan LMS yang telah ada. Berdasar pada kenyataan-kenyataan tersebut, pembelajaran praktik yang dikembangkan melalui penelitian ini akan menggunakan media *E-Learning* yang dibangun dengan program LMS *Moodle*.

7. Pemilihan *Blended Learning* Sebagai Strategi Pembelajaran Praktik

Dalam kajian pustaka juga telah ditunjukkan bahwa untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran yang dimediasi komputer, pembelajaran *online* lewat *E-Learning* perlu dipadukan dengan aktivitas tatap muka dalam suatu pembelajaran *blended*. Karena pembelajaran praktik dalam model ini diselenggarakan di perguruan tinggi, maka dari sisi levelnya, pembelajaran *blended* yang dipilih adalah dari jenis level program. Sedangkan dari sisi kategorinya, produk ini akan menggunakan jenis *transforming blended*, mengingat melalui penelitian ini akan dikembangkan model pembelajaran praktik yang melakukan perubahan secara radikal pada aspek-aspek pedagogisnya seperti metode pembelajaran diubah dari

Bagian yang membedakan model pembelajaran praktik yang dikembangkan dengan model pembelajaran praktik yang telah ada, ditandai dengan arsir. Pada model yang telah ada, pembelajaran praktik yang diselenggarakan belum melaksanakan pendekatan kolaborasi praktik secara *online*. Pada model yang telah ada, mahasiswa melaksanakan praktik menggunakan simulator secara sendiri-sendiri, kerja kolaborasi yang dilakukan hanya terbatas pada kegiatan-kegiatan di luar kegiatan praktik. Melalui penelitian ini akan dikembangkan model pembelajaran praktik yang melibatkan mahasiswa maupun dosen dalam aktivitas kolaborasi praktik secara *online*. Model ini memberi kesempatan kepada mahasiswa dan dosen untuk dapat mengakses alat dan bahan praktik dalam bentuk simulator secara bersama-sama dalam sebuah lingkungan kolaborasi *online*. Secara ilustratif, kerangka berpikir dilakukannya pengembangan model pembelajaran praktik ini dengan memodifikasi terhadap model yang telah ada ditunjukkan melalui tabel berikut ini.

Tabel 20.
Kerangka Berpikir Pengembangan Produk

Pembelajaran Praktik yang Telah Diselenggarakan	Pembelajaran Praktik <i>Online</i> yang Diharapkan	Pembelajaran Praktik yang Dikembangkan
<p>Menggunakan laboratorium real memiliki kelemahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. biaya mahal b. tidak fleksibel c. tidak menumbuhkan motivasi <p>Menggunakan laboratorium virtual/simulator, pembelajaran praktik menjadi:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. murah b. fleksibel c. efektif d. memotivasi mahasiswa e. belum menciptakan lingkungan kolaborasi praktik <i>online</i> f. fasilitas kolaborasi praktik <i>online</i> yang ada tidak fleksibel dan sulit implementasinya 	<p>Memiliki karakteristik:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. berbiaya murah b. fleksibel c. efektif d. mampu memotivasi mahasiswa e. menciptakan lingkungan praktik kolaboratif yang memadai sehingga mahasiswa dapat melakukan praktik bersama-sama dalam kelompok secara <i>online</i> menggunakan simulator 	<p>Memembangkan model yang telah ada dengan melakukan modifikasi pada bagian kelengkapan kolaborasi <i>online</i> yang semula terbatas pada kegiatan di luar praktik menjadi kolaborasi praktik <i>online</i>. Modifikasi juga dilakukan terhadap fasilitas kolaborasi <i>online</i> yang semula bersifat spesifik hanya untuk simulator tertentu saja dan sulit diimplementasikan menjadi fasilitas kolaborasi <i>online</i> yang fleksibel dapat digunakan untuk berbagai simulator serta menggunakan <i>tools</i> program aplikasi sehingga mudah diimplementasikan</p>

D. Pertanyaan Penelitian

Sesuai rumusan masalah dan kerangka berpikir yang telah dikemukakan di atas, dapat disusun pertanyaan-pertanyaan penelitian sebagai arahan untuk menjalankan studi ini agar sesuai dengan konteks masalah yang ingin diselesaikan. Pertanyaan-pertanyaan penelitian dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Seperti apakah model pembelajaran *online* dengan strategi *blended learning* untuk praktik teknik digital di perguruan tinggi yang fleksibel dan dengan biaya rendah?
2. Bagaimanakah hasil validasi oleh ahli bidang studi teknik digital terhadap model pembelajaran praktik *online* dengan strategi *blended learning* yang dikembangkan?
3. Bagaimanakah hasil validasi oleh ahli pembelajaran *e-learning* terhadap model pembelajaran praktik *online* dengan strategi *blended learning* yang dikembangkan?
4. Bagaimanakah hasil validasi oleh ahli perancangan desain instruksional terhadap model pembelajaran praktik *online* dengan strategi *blended learning* yang dikembangkan?
5. Bagaimanakah hasil validasi oleh ahli multimedia pembelajaran terhadap model pembelajaran praktik *online* dengan strategi *blended learning* yang dikembangkan?

6. Perangkat pembelajaran apa yang dapat dikembangkan untuk mendukung terselenggaranya pembelajaran praktik *online* teknik digital dengan strategi *blended learning* yang fleksibel dan dengan biaya rendah?
7. Bagaimanakah hasil validasi oleh ahli bidang studi, ahli pembelajaran *e-learning*, ahli perancangan desain instruksional, dan ahli multimedia pembelajaran terhadap perangkat pembelajaran pembelajaran praktik *online* teknik digital dengan strategi *blended learning* yang dikembangkan?
8. Apa respons subjek ujicoba terbatas terhadap model pembelajaran praktik *online* dengan strategi *blended learning* yang dikembangkan dari aspek instruksional dan penampilan produk?
9. Apakah ada perbedaan hasil belajar antara *pre-test* dan *post-test* dalam praktik teknik digital menggunakan model pembelajaran praktik *online* dengan strategi *blended learning* yang dikembangkan?

BAB III METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

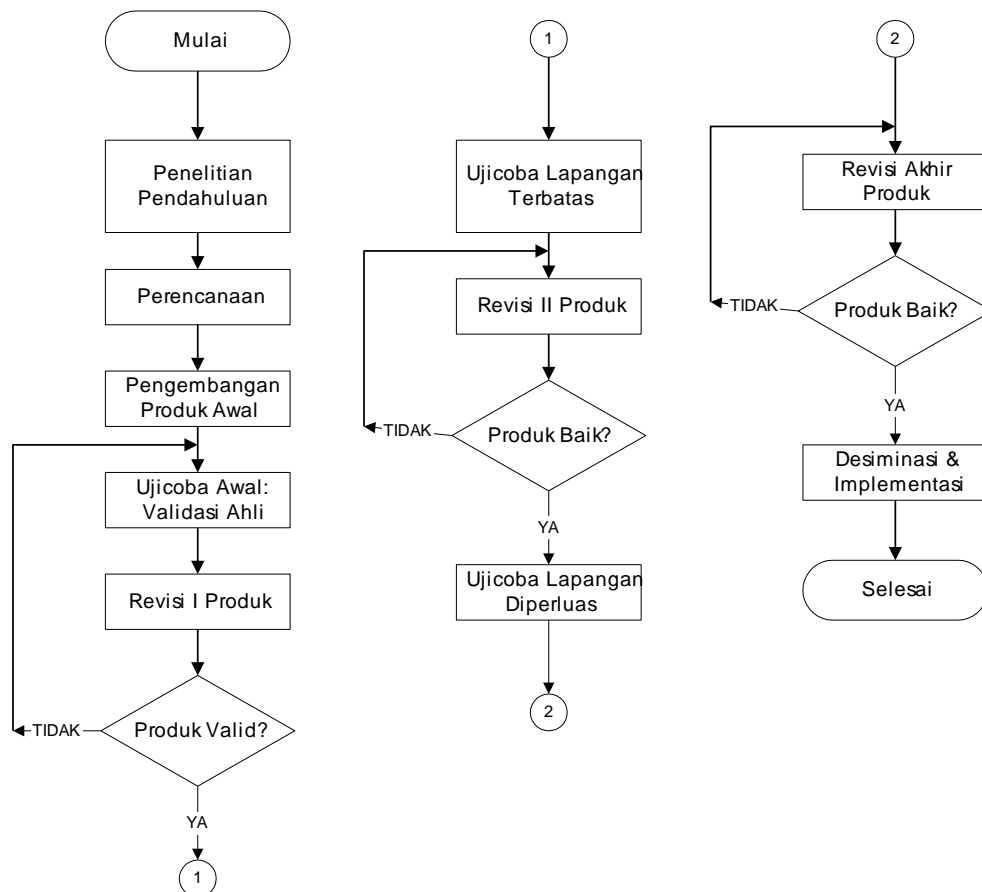
Penelitian ini merupakan usaha untuk menyelesaikan masalah pendidikan khususnya pembelajaran praktik melalui pengembangan produk. Pengembangan produk ini dilakukan dengan menggunakan model yang pernah dipakai oleh Anderson (2008). Model pengembangan ini memandang bahwa suatu model pembelajaran *online* dapat digambarkan sebagai interaksi antar komponen-komponen pembelajaran. Dalam pembelajaran *online* terdapat enam interaksi yakni interaksi antara mahasiswa dengan dosen, mahasiswa dengan materi, dosen dengan materi, mahasiswa dengan mahasiswa, dosen dengan dosen lainnya serta materi dengan materi, melalui media sinkron/asinkron. Melalui model pengembangan Anderson, dilakukan penyusunan struktur model dan interaksi antar komponen-komponennya membentuk sebuah sistem pembelajaran *online* untuk praktik teknik digital di perguruan tinggi dengan pendekatan kolaborasi.

B. Prosedur Pengembangan

Pemilihan prosedur pengembangan sangat penting, mengingat produk yang dikembangkan akan digunakan secara luas dalam proses pembelajaran khususnya kegiatan praktikum. Oleh sebab itu, prosedur pengembangannya perlu melibatkan berbagai ujicoba secara ilmiah yang akan digunakan untuk memvalidasi dan sekaligus memastikan efek pembelajaran terhadap penggunaan produk maupun persepsi dari para penggunanya yakni mahasiswa dan

dosen/instruktur. Penelitian ini menggunakan prosedur penelitian pengembangan dari Borg & Gall (1983).

Secara grafis, prosedur pengembangan produk pada penelitian ini dapat diilustrasikan dalam bentuk diagram alir seperti gambar berikut ini.



Gambar 13.
Diagram Alir Prosedur Pengembangan Produk

Dengan memperhatikan gambar di atas, terlihat bahwa dalam pengembangan produk pembelajaran praktik ini memerlukan banyak dukungan metode. Metode-metode penelitian yang terlibat dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Secara umum metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah gabungan dari beberapa metode seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 21.
Metode Pengembangan Model Pembelajaran *Online*
Untuk Praktik Teknik Digital Dengan Pendekatan Kolaborasi

Aktivitas Pengembangan	Metode/Model Pengembangan
Studi pendahuluan	Survei, pustaka, observasi, analisis masalah
Pengembangan model hipotetik	Model pengembangan Anderson
Ujicoba awal	<i>Expert judgement</i> teknik <i>Delphi</i>
Ujicoba lapangan utama	Eksperimen, survei
Ujicoba lapangan operasional	Eksperimen, survei

Pengembangan produk pembelajaran praktik ini diawali dengan melakukan penelitian atau studi pendahuluan melalui kajian pustaka dan produk terkini dari pembelajaran praktik yang telah dikembangkan di berbagai perguruan tinggi pada aspek model maupun implementasinya. Kegiatan penelitian pendahuluan ini juga dilakukan dalam bentuk observasi dan wawancara dengan dosen pengampu praktik di laboratorium khususnya yang berada di Universitas Ahmad Dahlan untuk menemukan persoalan-persoalan yang timbul dalam penyelenggaraan kegiatan praktikum Teknik Digital.

Selanjutnya dilakukan perencanaan dengan mengidentifikasi dan mendefinisikan kompetensi yang ingin diperoleh dari penyelenggaraan kegiatan praktikum teknik digital ini. Dalam fase perencanaan dilakukan pula perumusan tujuan pemberian praktikum teknik digital pada setiap topik yang disediakan serta penyusunan urutan-topik praktikum yang akan diberikan. Eksplorasi infrastruktur teknologi informasi dan perangkat lunak juga dilakukan pada fase ini untuk menemukan komponen-komponen model yang diperlukan seperti

ketersediaan server *web* dan koneksi internet di lingkungan perguruan tinggi agar dapat mendukung penciptaan lingkungan *online* berbasis internet, ketersediaan program penciptaan lingkungan LMS dan *shared-desktop* maupun program simulator yang mendekati bentuk nyata.

Penelitian ini selanjutnya melakukan pengembangan produk awal dalam bentuk model hipotetik pembelajaran praktik teknik digital di lingkungan program studi Teknik Elektro atau praktik sejenis pada program studi-program studi serumpun. Produk awal yang dikembangkan mencakup pula perangkat pembelajaran sebagai pendukung model pembelajaran yang dikembangkan mencakup Satuan Acara Praktik (SAP) Teknik Digital, buku ajar Teknik Digital, panduan praktikum Teknik Digital, panduan penggunaan Simulator, panduan pembelajaran praktik *online* untuk dosen, instruktur dan mahasiswa, perangkat evaluasi tugas pendahuluan, *pre-test*, kegiatan praktik, *post-test*, dan tugas penyusunan laporan. Produk awal ini selanjutnya divalidasi oleh para ahli melalui teknik Delphi dan dilakukan revisi pertama berdasarkan saran-saran para ahli tersebut.

Model hipotetik pembelajaran praktik yang telah memperoleh proses validasi dari para ahli ini selanjutnya diujicobakan pada subjek terbatas dan hasilnya digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi kedua dari pembelajaran praktik yang dikembangkan. Selanjutnya dilakukan ujicoba diperluas dengan menambah subjek maupun lembaga pengguna, dan hasilnya digunakan untuk merevisi kembali produk yang dikembangkan. Hasil revisi pada fase ini merupakan produk terakhir yang dinyatakan valid dan memenuhi kriteria pengembangan yang ditentukan. Produk yang telah berhasil dikembangkan ini

selanjutnya diimplementasikan dan disosialisasikan kepada institusi pengguna maupun para dosen pengampu mata kuliah Teknik Digital di berbagai perguruan tinggi.

C. Uji Coba Produk

1. Desain Uji Coba

Salah satu tahap dari prosedur pengembangan, seperti telah dikemukakan di atas, adalah ujicoba. Tahap ini memiliki peranan sangat penting dalam proses penentuan validitas dan kualitas produk pembelajaran praktik yang dikembangkan. Sesuai ilustrasi prosedur pengembangan pada gambar di atas, uji coba produk pada penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap yakni uji dari para ahli (*expert judgement*), uji lapangan utama atau uji lapangan terbatas, dan uji lapangan operasional atau uji lapangan diperluas.

Tahap uji coba oleh para ahli dimaksudkan untuk memperoleh validasi model hipotetik dari pembelajaran praktik yang dirancang, termasuk juga perangkat-perangkat pendukungnya. Teknik yang digunakan untuk melakukan uji ini adalah Delphi yakni penyimpulan hasil berdasarkan konsensus para ahli/pakar. Konsensus yang diperoleh melalui Teknik Delphi ini mencakup (1) identifikasi masalah melalui analisis kebutuhan, (2) penentuan prioritas dalam hal ini jenis dan pembuatan produk, (3) penentuan tujuan program, dan (4) penentuan solusi untuk menyelesaikan masalah. Sedangkan prosedur teknik Delphi dilakukan dengan urutan (1) penentuan tujuan yang ingin dicapai dari produk yang dibuat, (2) penyusunan kuesioner atau angket, (3) penentuan ahli (*expert*) sebagai sampel, (4) pengiriman kuesioner kepada responden (ahli), (5) review terhadap

kuesioner yang dikembalikan pakar, (6) mengundang pakar ahli untuk mengklarifikasi jawaban, dan (7) pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil konsensus pakar.

Uji coba lapangan ditujukan untuk mengetahui dampak pembelajaran dan memperoleh respons dari pengguna baik mahasiswa maupun dosen/instruktur pada aspek instruksional maupun presentasi tampilan model yang dikembangkan. Untuk mengetahui adanya dampak pembelajaran, desain ujicoba lapangan terbatas maupun diperluas menggunakan metode eksperimen dengan cara subjek diberi *pre-test* terlebih dahulu, selanjutnya diberi *treatment* melalui pembelajaran *online* praktik teknik digital dan diakhiri dengan pemberian *post-test*. Pengukuran dampak instruksionalnya dilakukan dengan membandingkan antara nilai *pre-test* dan *post-test*. Sedangkan respons subjek terhadap produk pada aspek instruksional maupun presentasi tampilan produk diperoleh melalui penyebaran angket.

2. Subjek Uji Coba

Uji ahli pada penelitian ini melibatkan empat orang ahli yakni ahli bidang studi teknik digital, ahli pembelajaran *e-learning*, ahli perancangan desain instruksional, dan ahli multi media pembelajaran. Pemilihan subjek ahli dilakukan secara *purposive* dengan mempertimbangkan kompetensi, kemudahan dalam berkomunikasi dan pengalaman pada bidangnya masing-masing.

Validasi produk dilakukan melalui Teknik Delphi. Dalam melakukan validasi produk ini, semua subjek diberi kesempatan yang sama dalam menilai produk dan semua perangkat pendukungnya. Penilaian dilakukan dengan menggunakan instrumen berupa angket yang diberikan langsung oleh peneliti kepada para ahli dan diberi tenggang waktu selama 30 hari. Setelah penilaian

selesai dilakukan, angket ditarik kembali secara langsung oleh peneliti. Dengan cara ini, peneliti memperoleh kesempatan bertatap muka dengan ahli, berdiskusi dan memperoleh masukan-masukan langsung tentang perbaikan produk. Jawaban dari para ahli selanjutnya dirangkum, dianalisis dan digunakan untuk merevisi produk. Daftar subjek ahli yang diminta melakukan validasi terhadap produk yang dikembangkan ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 22.
Daftar Subjek Uji Ahli Untuk Validasi Produk

Nama Ahli	Kompetensi	Jabatan dan Asal Instansi
Prof. Dr. Abdul Gafur D., M.Sc.	Multimedia pembelajaran	Dosen Universitas Negeri Yogyakarta
Muhammad Arrofiq, MT, Ph.D.	Bidang studi Teknik Digital	Dosen Program Studi Teknik Elektro Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada
Dr. Sri Kusumadewi, M.T.	Pembelajaran <i>E-Learning</i>	Ketua Program Studi Magister Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia
Dr. Dwi Sulisworo, M.T.	Perancangan desain instruksional	Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Pascasarjana Universitas Ahmad Dahlan

Subjek uji coba lapangan utama adalah mahasiswa program studi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan peserta matakuliah Teknik Digital sebanyak 25 orang dan 10 orang instruktur yang mendampingi kelompok-kelompok praktik mahasiswa. Pemilihan subjek untuk instruktur dilakukan secara *purposive*, disesuaikan dengan persyaratan yang ditentukan yakni pernah mengikuti mata kuliah teknik digital, dan menguasai pengoperasian perangkat-perangkat pembelajaran praktik *online* (portal laboratorium virtual, simulator *breadboard*, dan program kolaborasi *online Teamviewer*). Sedangkan untuk mahasiswa tidak dilakukan pengambilan sampel, melainkan diambil seluruhnya sebagai subjek.

3. Jenis Data

Dalam penelitian pengembangan ini jenis data ujicoba produk diklasifikasikan dalam tiga kategori yakni: (1) data-data untuk keperluan analisis uji ahli, (2) data-data yang berhubungan dengan analisis dampak pembelajaran (3) data-data yang berhubungan dengan analisis persepsi subjek terhadap model yang dikembangkan pada aspek instruksional maupun presentasi penampilan produk.

Data yang terkait dengan uji ahli berupa skor angket aspek-aspek validasi dan pendapat serta saran-saran dari ahli bidang studi Teknik Digital, ahli pembelajaran *E-Learning*, ahli perancangan desain instruksional, dan ahli multi media pembelajaran. Data yang berhubungan dengan dampak pembelajaran berupa *skor pre-test* dan *post-test*. Sedangkan data yang mencerminkan persepsi subjek dalam aspek instruksional seperti kejelasan standar kompetensi, kejelasan petunjuk belajar, kemudahan memahami materi, keluasan dan kedalaman materi, ketepatan urutan penyajian, interaktifitas, ketepatan evaluasi, dan kejelasan umpan balik serta persepsi dalam aspek penampilan produk seperti kejelasan petunjuk penggunaan, keterbacaan, sistematika materi, kemenarikan mencakup kualitas tampilan gambar dan animasi, komposisi warna, dan kualitas narasi dari produk yang dikembangkan, berbentuk skor dalam skala Likert.

4. Instrumen Pengumpulan Data

Sesuai dengan klasifikasi jenis datanya, instrumen pengumpul data pada penelitian ini juga terbagi dalam tiga kategori yakni: (1) instrumen untuk menggali data yang berhubungan dengan uji validitas produk dari para ahli, (2) instrumen untuk menggali data yang berhubungan dengan analisis dampak

instruksional dan (3) instrumen untuk menggali persepsi subjek terhadap produk dari aspek instruksional maupun presentasi tampilan produk.

a. Instrumen Uji Ahli Terhadap Validitas Produk

Instrumen pengumpul data untuk uji ahli dalam penelitian ini terbagi menjadi dua bagian yakni instrumen untuk uji validitas model hipotetik dan instrumen untuk uji validitas perangkat pendukung model.

1) Instrumen Uji Ahli Terhadap Validitas Model Hipotetik

Instrumen untuk mengukur data-data yang berhubungan dengan uji ahli adalah kuesioner. Data-data dari para ahli ini digunakan untuk menggali kelayakan model hipotetik ditinjau dari berbagai aspek. Dalam penelitian ini, validasi yang dilakukan ahli ditinjau dari aspek: (1) proses identifikasi masalah, (2) penentuan prioritas dalam hal ini jenis dan pembuatan produk, (3) penentuan tujuan program, (4) struktur dan komponen model, serta (5) kelengkapan model. Dari aspek-aspek yang ada tersebut kemudian dijabarkan menjadi indikator atau kriteria validasi yang terdiri atas 25 butir. Instrumen uji ahli untuk menentukan validitas model hipotetik produk yang dikembangkan, secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 1. Sedangkan distribusi indikator atau kriteria pada masing-masing aspek ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 23.
Komponen/Aspek Uji Validasi Model Hipotetik dari Ahli

Komponen/Aspek	Jumlah Butir Kriteria	Skor Maksimum
Identifikasi Masalah	6	24
Penentuan Jenis Produk	6	24
Tujuan Program	2	8
Struktur dan Komponen Model	8	32
Kelengkapan model	3	12
Total	25	100

2) Instrumen Uji Ahli Terhadap Perangkat Pendukung Model

Untuk melakukan validasi perangkat-perangkat pendukung model yakni SAP, buku ajar, panduan pembelajaran *online*, panduan praktik teknik digital, dan panduan penggunaan simulator digunakan instrumen-instrumen yang telah dikembangkan oleh Tuwoso (2011) dengan modifikasi oleh peneliti. Validitas isi dari instrumen untuk validasi SAP ditunjukkan oleh kisi-kisi pada tabel berikut ini dan secara lengkap instrumennya disajikan pada lampiran 2.

Tabel 24.
Komponen/Aspek Uji Validasi SAP dari Ahli

Komponen/Aspek	Jumlah butir kriteria	Skor Maksimum
Identitas Matakuliah/Praktik	5	20
Kompetensi Dasar dan Indikator Hasil Belajar	6	24
Materi	5	20
Aktivitas Mahasiswa Dalam Pembelajaran	3	12
Aktivitas Dosen Dalam Pembelajaran	3	12
Penilaian Pembelajaran	4	16
Rujukan	2	8
Total	28	112

Instrumen untuk validasi buku ajar mengandung delapan komponen dengan jumlah kriteria keseluruhan sebanyak 35 butir. Daftar komponen/aspek pada instrumen validasi buku ajar ditunjukkan pada tabel berikut ini, dan instrumen lengkapnya disajikan pada lampiran 3.

Tabel 25.
Komponen/Aspek Uji Validasi Buku Ajar dari Ahli

Komponen/Aspek	Jumlah butir kriteria	Skor Maksimum
Sampul	3	12
Kompetensi Dasar dan Tujuan	6	24
Materi	7	28
Grafika	6	24
Penyajian	4	16
Bahasa	2	8
Perangkat Evaluasi	5	20
Rujukan	2	8
Total	35	140

Untuk uji validasi panduan pembelajaran praktik *online* dan panduan penggunaan simulator, instrumennya mengandung lima aspek dengan jumlah kriteria keseluruhan sebanyak 19 butir. Aspek-aspek validasinya ditunjukkan pada tabel berikut ini, sedangkan instrumen secara lengkap disajikan pada lampiran 4.

Tabel 26.
Komponen/Aspek Uji Validasi Panduan Pembelajaran Praktik *Online*
dan Panduan Penggunaan Simulator dari Ahli

Komponen/Aspek	Jumlah butir kriteria	Skor Maksimum
Sampul	3	12
Materi	4	16
Grafika	6	24
Penyajian	4	16
Bahasa	2	8
Total	19	76

Perangkat pembelajaran lainnya yang divalidasi oleh ahli adalah panduan praktik Teknik Digital. Instrumen validasi panduan ini mengandung 18 butir kriteria dengan 5 komponen/aspek. Instrumennya secara lengkap ditunjukkan pada lampiran 5 dan aspek-aspeknya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 27.
Komponen/Aspek Uji Validasi Panduan Praktik Teknik Digital Dari Ahli

Komponen/Aspek	Jumlah butir kriteria	Skor Maksimum
Sampul	3	12
Materi	4	16
Penyajian	6	24
Bahasa	2	8
Evaluasi	3	12
Total	18	72

b. Instrumen Uji Efek Pembelajaran

Instrumen untuk mengukur efek pembelajaran dari produk adalah *pre-test* dan *post-test*. Kisi-kisi soal untuk *pre-test/post-test* yang merepresentasikan validitas isi disajikan pada tabel berikut ini. Secara lengkap, butir-butir soal *pre-test* dan *post-test* disajikan pada lampiran 6 dan 7.

Tabel 28.
Kisi-kisi Soal *Pre-test/Post-test* Ranah Kognitif

Kompetensi	Nomor Butir						Jumlah Butir
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Mahasiswa memahami watak gerbang logika dasar dan universal	1,2,3,	4	5,6	7,8	9	10	10
Mahasiswa mampu menganalisis dan merancang rangkaian logika kombinasi sederhana	11,12, 13	14,15	-	16	17,18, 19	20	10
Mahasiswa memahami watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi mencakup komparator, <i>half adder</i> , dan <i>full adder</i>	21,28	23,25, 27,29	26	24,30	22	-	10
Mahasiswa memahami watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi multiplekser dan demultiplekser	31,36	32,34, 37,38	33,40	35,39	-	-	10
Mahasiswa memahami watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi enkoder dan dekoder	41,46	43,44, 45,50	49	47,48	-	42	10
Mahasiswa memahami watak dan cara kerja elemen rangkaian sekuensial flip-flop	51,58	52,53, 54	56,57	55,59	-	60	10
Mahasiswa mampu menganalisis, merancang dan memahami watak serta cara kerja pencacah	61,62, 63	64	-	67,69	65,68, 70	66	10
Mahasiswa mampu menganalisis, merancang dan memahami watak serta cara kerja register	71	72,73	77	74,75, 76,80	79	78	10
Jumlah butir <i>pre-test/post-test</i>	18	21	9	17	9	9	80

Berdasarkan isinya, soal-soal yang digunakan untuk mengukur efek pembelajaran produk, yakni kemampuan awal (*pre-test*) dan kemampuan akhir setelah diberi *treatment* praktik online (*post-test*), telah sesuai dengan kompetensi yang ingin dicapai pada setiap topik praktik. Pada penelitian ini, dari tiga aspek pada taksonomi *Bloom*, pengukuran efek pembelajaran hanya dilakukan pada satu aspek saja yakni kognitif dengan enam cakupan yang terdiri atas ingatan (C1), pemahaman (C2), penerapan (C3), analisis (C4), sintesis (C5), dan evaluasi (C6). Jumlah butir soal *pre-test/post-test* untuk masing-masing kompetensi adalah 10 buah.

c. Instrumen Uji Persepsi Subjek Terhadap Produk

Untuk menggali persepsi mahasiswa dan dosen/instruktur dalam aspek instruksional, digunakan angket yang mengandung aspek-aspek seperti disajikan pada tabel berikut ini, dan secara lengkap disajikan pada lampiran 8.

Tabel 29.
Komponen Persepsi Dalam Aspek Instruksional

Komponen/Aspek	Jumlah butir kriteria	Skor Maksimum
Kejelasan kompetensi dasar dan tujuan	7	35
Kejelasan petunjuk belajar	3	15
Kemudahan memahami materi/melaksanakan praktik	4	20
Keluasan dan kedalaman materi	3	15
Ketepatan urutan penyajian	4	20
Interaktivitas	2	10
Fleksibilitas	2	10
Ketepatan evaluasi	5	25
Jumlah butir	30	150

Sedangkan persepsi mahasiswa dan dosen/instrukstur dalam aspek penampilan produk, digali menggunakan angket yang mengandung komponen seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini, dan secara lengkap disajikan pada lampiran 9.

Tabel 30.
Komponen Persepsi Dalam Aspek Tampilan Produk

Komponen/Aspek	Jumlah butir kriteria	Skor Maksimum
Kejelasan petunjuk penggunaan	6	30
Keterbacaan	3	15
Kualitas tampilan gambar dan animasi	3	15
Komposisi warna	3	15
Kualitas fasilitas komunikasi	4	20
Kemudahan operasi	3	15
Jumlah butir	22	110

5. Teknik Analisis Data

Data ujicoba dalam penelitian ini dianalisis dengan menggunakan teknik persentase untuk validitas produk dan persepsi subjek, sedangkan dampak pembelajaran dianalisis menggunakan uji beda rerata skor..

a. Analisis Validitas Produk

Analisis validitas produk dimaksudkan untuk (1) menguji ketepatan materi dan rancangan pembelajaran oleh ahli; (2) menguji kualitas produk yang dibuat; (3) menguji ketercapaian tujuan yang diharapkan; (4) merevisi produk sebelum digunakan secara umum; dan (5) menguji kelayakan dan kecocokan produk sebagai sarana pembelajaran. Produk yang divalidasi dalam penelitian ini adalah model pembelajaran *online* untuk praktik Teknik Digital dan perangkat-perangkat

pendukungnya yang meliputi: (1) SAP, (2) buku ajar Teknik Digital, (3) panduan praktik, (4) panduan penggunaan simulator, (5) panduan pembelajaran praktik *online* untuk mahasiswa, instruktur dan dosen.

Untuk menguji validitas produk, subjek uji pada penelitian ini diberi angket yang komponen-komponennya memiliki skor dengan *value range* 1 dan skor maksimum 4. Makna skor pada komponen validitas produk dideskripsikan pada tabel 31 berikut ini.

Tabel 31.
Makna Skor Komponen Validitas Produk

Skor	Arti
1	Tidak tepat/tidak sesuai/tidak lengkap/tidak baik
2	Kurang tepat/kurang sesuai/kurang lengkap/kurang baik
3	Tepat/sesuai/lengkap/baik
4	Sangat tepat/sangat sesuai/sangat lengkap/sangat baik

Uji validitas produk dilakukan dengan teknik Delphi yakni dengan melakukan pencermatan terhadap konsensus para ahli terhadap aspek-aspek validasi seperti telah disajikan pada tabel 23 di atas. Konsensus para ahli dicerminkan oleh skor penilaian terhadap aspek-aspek validasi. Untuk menentukan tingkat konsensus para ahli digunakan perhitungan skor terhadap komponen-komponen validasi dengan rumus sebagai berikut.

$$P = \frac{(n_1 \times 1) + (n_2 \times 2) + (n_3 \times 3) + (n_4 \times 4)}{N \times 4} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan untuk rumus tersebut adalah: P menunjukkan persentase jawaban; n_1 , n_2 , n_3 , n_4 masing-masing adalah jumlah pilihan untuk skor 1, 2, 3, dan 4; serta N menunjukkan jumlah total butir angket. Dengan menggunakan rumus tersebut,

masing-masing komponen validasi maupun skor total validasi dihitung persentasenya.

Berdasarkan hasil perhitungan persentase tersebut, selanjutnya dilakukan konfirmasi dengan kriteria validitas. Penggunaan kriteria dalam pengujian produk pembelajaran oleh ahli sangat penting dilakukan agar peneliti terhindar dari pendapat pribadi yang cenderung subjektif (Suharsimi Arikunto, 2008: 32). Dengan menggunakan kriteria, peneliti juga memperoleh kemudahan dalam menentukan validitas produk. Penggunaan kriteria ini, selain berlaku untuk pengujian model hipotetik pembelajaran itu sendiri, juga berlaku bagi pengujian validitas perangkat-perangkat pendukungnya. Kriteria validitas yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 32.

Tabel 32.
Kriteria Kelayakan Produk

Skala Penilaian	Tingkat Kelayakan
80% s.d. 100%	Sangat layak
66% s.d. 79%	Layak
56% s.d. 65%	Kurang layak
0% s.d. 55%	Sangat tidak layak

Setelah uji validitas selesai dilakukan, pengembangan produk diteruskan dengan revisi produk. Tahap ini dijalankan dengan melakukan pencermatan terhadap umpan balik yang diberikan oleh subjek uji melalui angket, maupun konsultasi langsung antara peneliti dengan subjek uji. Produk yang telah direvisi selanjutnya diujicobakan pada tahap uji lapangan terbatas untuk menentukan dampak instruksional terhadap penggunaan model yang dikembangkan.

b. Analisis Dampak Pembelajaran

Pengujian efek pembelajaran dari produk dilakukan dengan uji beda antara pencapaian belajar sebelum mengikuti praktik dan pencapaian belajar setelah mengikuti praktik atau secara teknis dilakukan uji beda antara *pre-test* dan *post-test* menggunakan teknik *t-test*. Setelah dilakukan uji beda, apabila hasilnya menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara skor *pre-test* dan *post-test*, selanjutnya dilakukan *plotting* skor rata-rata keduanya pada setiap sesi praktik untuk melihat kecenderungan pencapaian belajar mahasiswa selama sesi-sesi praktik berlangsung. Namun, apabila hasil uji beda tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara skor rata-rata *pre-test* dan *post-test*, maka *plotting* nilai keduanya tidak dilakukan. Melalui analisis grafik yang mencerminkan kecenderungan nilai rata-rata *pre-test* dan *post-test* ditentukan sesi-sesi praktik yang memberikan pengaruh tertinggi, sedang dan terendah terhadap pencapaian belajar mahasiswa.

c. Analisis Persepsi Subjek Terhadap Pembelajaran

Untuk menentukan persepsi subjek terhadap aspek instruksional maupun persentasi tampilan produk, digunakan analisis deskriptif naratif dengan persentase. Setiap butir pernyataan pada angket persepsi memiliki skor dengan *value range* 1 sampai dengan 5. Makna dari masing-masing skor dideskripsikan pada tabel berikut ini.

Tabel 33.
Makna Skor Setiap Butir Pada Angket Persepsi Subjek Terhadap Produk

Skor	Arti
1	Sangat tidak setuju terhadap pernyataan yang ada
2	Tidak setuju terhadap pernyataan yang ada
3	Ragu-ragu terhadap pernyataan yang ada
4	Setuju terhadap pernyataan yang ada
5	Sangat setuju terhadap pernyataan yang ada

Penentuan kecenderungan persepsi dilakukan dengan teknik persentase menggunakan rumus seperti persamaan (1) yang dimodifikasi menjadi persamaan (2) seperti di bawah ini:

$$P = \frac{(n_1 \times 1) + (n_2 \times 2) + (n_3 \times 3) + (n_4 \times 4) + (n_5 \times 5)}{N \times 5} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan untuk rumus pada persamaan (2) adalah P menunjukkan persentase persepsi, n_1 , n_2 , n_3 , n_4 , n_5 masing-masing secara berturut-turut adalah jumlah pilihan untuk STS (sangat tidak setuju), TS (tidak setuju), R (ragu-ragu), S (setuju), SS (sangat setuju); serta N menunjukkan jumlah total butir angket. Sedangkan kriteria untuk menentukan tingkat persepsi subjek terhadap produk ditunjukkan tabel berikut ini.

Tabel 34.
Kriteria Tingkat Persepsi Subjek Terhadap Produk

Persentase	Tingkat Persepsi
80% s.d. 100%	Sangat Baik
66% s.d. 79%	Baik
56% s.d. 65%	Kurang Baik
0% s.d. 55%	Tidak Baik

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Model dan Perangkat Pendukung Produk

Berdasarkan langkah-langkah tahap awal yang telah dilakukan, yakni studi pendahuluan, perencanaan dan pengembangan produk awal, penelitian ini telah menghasilkan sebuah model pembelajaran *online* untuk praktik Teknik Digital di perguruan tinggi dengan pendekatan kolaborasi dan perangkat-perangkat pendukungnya. Ilustrasi dari model telah ditunjukkan pada gambar 12 di muka, sedangkan produk-produk yang menyertai model yang dikembangkan ditunjukkan pada tabel 35 berikut ini.

Tabel 35.
Produk Model Pembelajaran *Online*
Untuk Praktik Teknik Digital Dengan Pendekatan Kolaborasi

Nomor	Nama Produk	Deskripsi
1	Deskripsi Model (Modul 1)	Panduan umum pelaksanaan model pembelajaran praktik <i>online</i>
2	Portal Laboratorium Virtual	<i>Website</i> berbentuk CMS untuk mengelola administrasi proses pembelajaran praktik <i>online</i> dengan alamat akses http://elab.uad.ac.id
3	Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital (Modul 2)	Uraian tentang perencanaan pembelajaran praktik Teknik Digital
4	Buku Ajar Teknik Digital (Modul 3)	Uraian tentang materi-materi pembelajaran sebagai sumber acuan praktik Teknik Digital
5	Panduan Simulator <i>Breadboard</i> (Modul 4)	Panduan penggunaan simulator sebagai pengganti alat dan bahan praktik
6	Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Dosen (Modul 5)	Uraian tentang: urutan pelaksanaan praktik <i>online</i> , cara pengoperasian portal laboratorium virtual, dan program pendukung kolaborasi <i>Team Viewer</i> oleh dosen, instruktur/asisten maupun mahasiswa
7	Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Instruktur (Modul 6)	
8	Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> Untuk Mahasiswa (Modul 7)	
9	Panduan Praktik Teknik Digital (Modul 8)	Panduan praktik Teknik Digital menggunakan metode inkuiri terbimbing

B. Data Uji Coba

Data uji coba pada penelitian ini terbagi menjadi dua jenis yakni data-data untuk keperluan: (1) uji validitas dan revisi produk utama berdasarkan saran para ahli, serta (2) pengujian dampak pembelajaran, presentasi dan perbaikan produk berdasarkan uji coba lapangan.

1. Data Validitas Produk

Berdasarkan langkah ujicoba awal, penelitian ini telah menghasilkan data-data konsensus dari para ahli, baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif. Data-data tersebut digunakan untuk melakukan uji validitas model dan perangkat pendukungnya serta sebagai landasan perbaikan model yang dikembangkan.

a. Data Validitas Model

Data konsensus para ahli terhadap validitas model yang dikembangkan disajikan pada tabel 36 berikut ini.

Tabel 36.
Data Kuantitatif Konsensus Para Ahli Terhadap Validitas Model

Aspek Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran		Ahli Bidang Studi Teknik Digital		Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>		Ahli Desain Instruksional		Total	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
Identifikasi Masalah	22, 91,7%	24	20, 83,3%	24	20, 83,3%	24	21, 87,5%	24	83, 86,5%	96
Penentuan Jenis Produk	24, 100%	24	18, 75%	24	21, 87,5%	24	23, 95,8%	24	86, 89,6%	96
Tujuan Program	8, 100%	8	7, 87,5%	8	8, 100%	8	7, 87,5%	8	30, 93,8%	32
Struktur dan Komponen Model	32, 100%	32	24, 75%	32	32, 100%	32	28, 87,5%	32	116, 90,6%	128
Kelengkapan Model	9, 75%	12	9, 75%	12	11, 91,7%	12	11, 91,7%	12	40, 83,3%	48
Total	95, 95%	100	78, 78%	100	92, 92%	100	90, 90%	100	355, 88,8%	400

Keterangan: S: skor dan persentasenya, M: skor maksimum

Data rinci konsensus para ahli terhadap model yang dikembangkan disajikan pada lampiran 10, lampiran 11, lampiran 12, dan lampiran 13. Selain data yang bersifat kuantitatif, untuk menentukan konsensus para ahli juga digunakan data kualitatif. Data kualitatif para ahli berbentuk komentar atau saran perbaikan dari produk yang dikembangkan dan hasilnya disajikan pada tabel 37 berikut ini.

Tabel 37.
Data Kualitatif Konsensus Para Ahli Terhadap Validitas Model

Nomor	Komentar/Saran	Ahli
1	Perlu dipertegas bahwa produk yang dihasilkan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari jika persyaratan terpenuhi	Multimedia Pembelajaran
	Istilah Pengembangan pada judul Bagian II Panduan Model diganti dengan judul Tujuan dan Lingkup Model.	
2	Karakteristik matakuliah perlu dipertimbangkan dalam mengimplementasikan model	Bidang Studi Teknik Digital
	Perlu diuraikan perbedaan-perbedaan model yang dikembangkan dengan model-model yang telah ada sebelumnya	
	Pada panduan model perlu dijelaskan cara yang dilakukan oleh simulator dalam menerapkan konsep <i>floating input</i> untuk gerbang logika jenis <i>tansistor-transistor logic</i> (TTL)	
3	Perlu dikemukakan lebih eksplisit jenis-jenis dan pihak-pihak yang telah menggunakan model sebelumnya	Pembelajaran <i>E-Learning</i>
4	Hubungan antara model inkuiri terbimbing dengan aktivitas pertemuan perlu lebih diperjelas	Desin Instruksional

b. Data Validitas Perangkat Pendukung Model

Perangkat pendukung pertama dari model yang dikembangkan adalah Satuan Acara Perkuliahan/Praktik, yang mendeskripsikan penjelasan tentang perencanaan dari pembelajaran praktik Teknik Digital pada program studi Teknik

Elektro. Data untuk keperluan validasi perangkat pendukung ini secara lengkap disajikan pada lampiran 14, 15, 16, dan 17, sedangkan ringkasannya disajikan pada tabel 38 berikut ini.

Tabel 38.
Data Kuantitatif Validasi SAP Dari Para Ahli

Aspek Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran		Ahli Bidang Studi Teknik Digital		Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>		Ahli Desain Instruksional		Total	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
Identitas Matakuliah/Praktik	20, 100%	20	17, 85%	20	20, 100%	20	19, 95%	20	76, 95%	80
Kompetensi Belajar dan Indikator Hasil Belajar	24, 100%	24	19, 79,2%	24	24, 100%	24	24, 100%	24	91, 94,8%	96
Materi	20, 100%	20	15, 75%	20	19, 95%	20	17, 85%	20	71, 88,8%	80
Aktivitas Mahasiswa Dalam Pembelajaran	12, 100%	12	10, 83,4%	12	9, 75%	12	11, 91,7%	12	42, 87,5%	48
Aktivitas Dosen Dalam Pembelajaran	12, 100%	12	10, 83,4%	12	9, 75%	12	10, 83,4%	12	41, 85,4%	48
Penilaian Pembelajaran	16, 100%	16	12, 75%	16	16, 100%	16	14, 87,5%	16	58, 90,6%	64
Rujukan	8, 100%	8	7, 87,5%	8	8, 100%	8	8, 100%	8	31, 96,9%	32
Total	112, 100%	112	90, 80,4%	112	105, 93,8%	112	103, 92%	112	410, 91,5%	448

Data-data kualitatif berupa komentar/saran para ahli yang menyertai data validasi SAP disajikan melalui tabel 39 berikut ini.

Tabel 39.
Data Kualitatif Validasi SAP Dari Para Ahli

Nomor	Komentar/Saran
1	Aspek media pembelajaran perlu dicantumkan
2	Alokasi waktu untuk setiap aktivitas belum terlihat secara eksplisit
3	Belum terlihat adanya keaktifan atau interaksi seperti diskusi mahasiswa dalam proses pembelajaran

Perangkat pendukung kedua dari model yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah buku ajar Teknik Digital. Buku ajar merupakan rujukan yang digunakan oleh mahasiswa dalam mengerjakan berbagai tugas yang diberikan sebelum, selama dan setelah praktik dilaksanakan. Data validasi ahli terhadap perangkat pembelajaran ini secara lengkap disajikan pada lampiran 18, 19, 20, dan 21, dan ringkasannya dideskripsikan seperti pada tabel 40 berikut ini.

Tabel 40.
Data Kuantitatif Validasi Buku Ajar Dari Para Ahli

Aspek Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran		Ahli Bidang Studi Teknik Digital		Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>		Ahli Desain Instruksional		Total	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
Sampul	11, 91,7%	12	10, 83,3%	12	11, 91,7%	12	11, 91,7%	12	43, 89,6%	48
Kompetensi Dasar dan Tujuan	22, 91,7%	24	20, 83,3%	24	22, 91,7%	24	24, 100%	24	88, 91,7%	96
Materi	24, 85,7%	28	23, 82,1%	28	27, 96,4%	28	28, 100%	28	102, 91%	112
Grafika	24, 100%	24	17, 70,8%	24	21, 87,5%	24	23, 95,8%	24	85, 88,5%	96
Penyajian	16, 100%	16	13, 81,2%	16	13, 81,2%	16	16, 100%	16	58, 90,6%	64
Bahasa	8, 100%	8	6, 75%	8	7, 87,5%	8	8, 100%	8	29, 90,6%	32
Perangkat Evaluasi	20, 100%	20	15, 75%	20	18, 90%	20	19, 95%	20	72, 90%	80
Rujukan	8, 100%	8	6, 75%	8	6, 75%	8	8, 100%	8	28, 87,5%	32
Total	133, 95%	140	110, 78,6%	140	125, 89,3%	140	137, 97,8%	140	505, 90,2%	560

Untuk data-data validasi buku ajar yang bersifat kualitatif dari para ahli disajikan pada tabel 41 berikut ini.

Tabel 41.
Data Kualitatif Validasi Buku Ajar Teknik Digital Dari Para Ahli

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Halaman yang berisi uraian tentang kompetensi dasar, tujuan pembelajaran dan garis besar materi tidak perlu diberi judul bab
3	Agar lebih jelas, gambar-gambar perlu diperbesar dan dibuat berwarna sehingga lebih menarik
4	Beberapa gambar dan tabel masih kurang penjelasan
5	Pada beberapa bagian perlu ditambahkan ilustrasi, agar memudahkan mahasiswa dalam mempelajari materi-materi dalam buku ajar
6	Perlu dipertimbangkan penggunaan beberapa tipe soal, seperti pilihan ganda atau menjodohkan
7	Referensi belum terlihat diacu pada bagian-bagian buku ajar
8	Perlu ditambahkan aplikasi atau produk yang menggunakan atau memanfaatkan rangkaian digital sebagai pembuka buku. Hal ini cukup penting agar mahasiswa memiliki gambaran tentang pemakaian rangkaian digital
9	Perlu adanya analogi atau perumpamaan untuk lebih memberikan pemahaman kepada mahasiswa, terutama dalam menjelaskan proses-proses yang cukup rumit
10	Beberapa gambar hendaknya didukung oleh penjelasan yang cukup memadai, sehingga mahasiswa merasa terbantu ketika memakainya
11	Pada Bab I, perlu dilengkapi dengan penjelasan tentang: (1) ragam tegangan rangkaian digital untuk TTL (5 V dan 3,3 V) serta CMOS, (2) definisi tegangan masukan untuk logika tinggi dan rendah (V_{IH} dan V_{IL}) serta tegangan keluaran (V_{OH} dan V_{OL}), (3) definisi <i>noise margin</i> dan penerapannya, (4) watak <i>floating input</i> pada gerbang TTL, (5) teknik pengantarmukaan antara rangkaian digital CMOS dengan TTL, TTL dengan CMOS, dan antar TTL dengan level catu daya berbeda (5V dan 3,3V), (6) sifat keluaran gerbang TTL (<i>open collector</i> dan <i>totem pole</i>) serta teknik pemanfaatannya, (7) definisi <i>fan-in</i> dan <i>fan-out</i> , dan (8) <i>propagation delay</i>
12	Pada Bab II: (1) di halaman 10, butir 1.b. penulisan 2^0 seharusnya 2^1
13	Pada bab II: di halaman 16, penjelasan gambar 14 perlu ditambahkan secara lebih detil agar mudah dipahami
14	Pada Bab VII: pencacah jenis <i>Ring</i> dan <i>Johnson</i> perlu dikenalkan
15	Pada bab akhir perlu dilengkapi dengan uraian tentang pentingnya pemasangan kapasitor <i>bypass</i> sedekat mungkin pada kaki <i>power supply</i> setiap IC logika yang digunakan

Perangkat pendukung ketiga dari produk yang dikembangkan adalah panduan penggunaan simulator *breadboard*. Panduan ini berisi uraian cara pengoperasian simulator *breadboard* sebagai pengganti alat dan bahan praktik *real* yang bersifat simulatif. Data-data yang berhasil dikumpulkan untuk keperluan pengujian validitas perangkat pendukung ini disajikan secara lengkap pada lampiran 22, 23, 24, 25, dan ringkasannya disajikan pada tabel 42 berikut ini.

Tabel 42.
Data Kuantitatif Validasi Panduan Simulator *Breadboard* Dari Para Ahli

Aspek Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran		Ahli Bidang Studi Teknik Digital		Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>		Ahli Desain Instruksional		Total	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
Sampul	12, 100%	12	11, 91,7%	12	10, 83,3%	12	11, 91,7%	12	44, 91,7%	48
Materi	16, 100%	16	12, 75%	16	16, 100%	16	15, 93,7%	16	59, 92,2%	64
Grafika	22, 91,7%	24	20, 83,3%	24	21, 87,5%	24	23, 95,8%	24	86, 89,6%	96
Penyajian	14, 87,5%	16	12, 75%	16	16, 100%	16	13, 81,2%	16	55, 85,9%	64
Bahasa	7, 87,5%	8	6, 75%	8	7, 87,5%	8	8, 100%	8	28, 87,5%	32
Total	71, 93,4%	76	61, 80,3%	76	70, 92,1%	76	70, 92,1%	76	272, 89,5%	304

Data-data yang bersifat kualitatif dari para ahli untuk validasi panduan simulator disajikan pada tabel 43 di bawah ini.

Tabel 43.
Data Kualitatif Validasi Panduan Simulator Dari Para Ahli

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah
3	Pada halaman 17 perlu ditambah ilustrasi
4	Judul perlu diperjelas misalnya menjadi Panduan Penggunaan/Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>

Perangkat pendukung keempat dari model yang dikembangkan adalah panduan pembelajaran praktik *online* untuk dosen. Data-data validasinya disajikan pada lampiran 26, 27, 28, 29, dan ringkasannya dideskripsikan pada tabel 44 berikut ini.

Tabel 44.
Data Kuantitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik *Online*
Untuk Dosen Dari Para Ahli

Aspek Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran		Ahli Bidang Studi Teknik Digital		Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>		Ahli Desain Instruksional		Total	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
Sampul	12, 100%	12	11, 91,7%	12	11, 91,7%	12	11, 91,7%	12	45, 93,8%	48
Materi	16, 100%	16	12, 75%	16	16, 100%	16	15, 93,7%	16	59, 92,2%	64
Grafika	24, 100%	24	19, 79,2%	24	22, 91,7%	24	23, 95,8%	24	88, 91,7%	96
Penyajian	16, 100%	16	12, 75%	16	16, 100%	16	14, 87,5%	16	58, 90,6%	64
Bahasa	8, 100%	8	6, 75%	8	8, 100%	8	8, 100%	8	30, 93,7%	32
Total	76, 100%	76	60, 78,9%	76	73, 96%	76	71, 93,4%	76	280, 92,1%	304

Untuk melengkapi data-data kuantitatif, para ahli diminta pula untuk memberikan data-data kualitatif dalam bentuk komentar atau saran perbaikan seperti tersaji pada tabel 45 berikut ini.

Tabel 45.
Data Kualitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik *Online*
Untuk Dosen Dari Para Ahli

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah
3	Sebagai panduan, buku terlalu tebal

Selanjutnya, perangkat pendukung kelima yang dikembangkan adalah buku panduan pembelajaran praktik *online* untuk instruktur. Validasi produk ini didukung oleh data-data kuantitatif yang diperoleh dari para ahli, seperti ditunjukkan pada tabel 46, sedangkan data-data lengkapnya disajikan pada lampiran 30, 31, 32, dan 33.

Tabel 46.
Data Kuantitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik *Online*
Untuk Instruktur Dari Para Ahli

Aspek Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran		Ahli Bidang Studi Teknik Digital		Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>		Ahli Desain Instruksional		Total	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
Sampul	12, 100%	12	11, 91,7%	12	11, 91,7%	12	11, 91,7%	12	45, 93,7%	48
Materi	16, 100%	16	12, 75%	16	16, 100%	16	15, 93,7%	16	59, 92,2%	64
Grafika	24, 100%	24	21, 87,5%	24	24, 100%	24	24, 100%	24	93, 96,9%	96
Penyajian	16, 100%	16	12, 75%	16	16, 100%	16	13, 81,2%	16	57, 89%	64
Bahasa	8, 100%	8	6, 75%	8	7, 87,5%	8	8, 100%	8	29, 90,6%	32
Total	76, 100%	76	62, 81,6%	76	74, 97,4%	76	71, 93,4%	76	283, 93%	304

Data-data yang berhubungan dengan komentar atau saran para ahli yang bersifat kualitatif terhadap produk pendukung model ini disajikan pada tabel 47 sebagai berikut.

Tabel 47.
Data Kualitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik *Online*
Untuk Instruktur Dari Para Ahli

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Penyajian cukup menarik dan mudah dipahami
3	Literatur perlu dicantumkan pada setiap buku pedoman

Produk keenam dari perangkat pendukung model yang dikembangkan adalah buku panduan pembelajaran praktik *online* untuk mahasiswa. Data lengkap untuk validasi produk ini dari para ahli ditunjukkan pada lampiran 34, 35, 36, 37, dan ringkasannya disajikan pada tabel 48 berikut ini.

Tabel 48.
Data Kuantitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik Online
Untuk Mahasiswa Dari Para Ahli

Aspek Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran		Ahli Bidang Studi Teknik Digital		Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>		Ahli Desain Instruksional		Total	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
Sampul	12, 100%	12	12, 100%	12	11, 91,7%	12	11, 91,7%	12	46, 95,8%	48
Materi	16, 100%	16	12, 75%	16	16, 100%	16	15, 93,7%	16	59, 92,2%	64
Grafika	24, 100%	24	20, 83,3%	24	21, 87,5%	24	24, 100%	24	89, 92,7%	96
Penyajian	16, 100%	16	13, 81,2%	16	13, 81,2%	16	14, 87,5%	16	56, 87,5%	64
Bahasa	8, 100%	8	7, 87,5%	8	7, 87,5%	8	8, 100%	8	30, 93,7%	32
Total	76, 100%	76	64, 84,2%	76	68, 89,5%	76	72, 94,7%	76	280, 92,1%	304

Data-data kualitatif berbentuk komentar/saran para ahli untuk uji validasi produk ini disajikan pada tabel 49 berikut ini.

Tabel 49.
Data Kualitatif Validasi Panduan Pembelajaran Praktik Online
Untuk Mahasiswa Dari Para Ahli

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah
3	Pada beberapa bagian khususnya uraian tentang <i>download</i> panduan praktik perlu diberi ilustrasi untuk menambah pemahaman mahasiswa
4	Perlu ditambahkan contoh tampilan untuk satu sesi praktik agar mahasiswa terbantu dalam memahami isi praktik

Produk ketujuh perangkat pendukung model yang dihasilkan dari pengembangan ini adalah panduan praktik Teknik Digital. Data-data validasi dari para ahli untuk produk ini selengkapnya disajikan pada lampiran 38, 39, 40 41, dan data kuantitatifnya dalam bentuk ringkasan disajikan pada tabel 50 berikut ini.

Tabel 50.
Data Kuantitatif Validasi Panduan Praktik Teknik Digital Dari Para Ahli

Aspek Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran		Ahli Bidang Studi Teknik Digital		Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>		Ahli Desain Instruksional		Total	
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M
Sampul	12, 100%	12	10, 83,3%	12	11, 91,7%	12	11, 91,7%	12	44, 91,7%	48
Materi	16, 100%	16	12, 75%	16	15, 93,7%	16	16, 100%	16	59, 92,2%	64
Penyajian	24, 100%	24	19, 79,2%	24	21, 87,5%	24	22, 91,7%	24	86, 89,6%	96
Bahasa	6, 75%	8	8, 100%	8	7, 87,5%	8	8, 100%	8	29, 90,6%	32
Evaluasi	12, 100%	12	9, 75%	12	12, 100%	12	9, 75%	12	42, 87,5%	48
Total	70, 97,2%	72	58, 80,6%	72	66, 91,7%	72	66, 91,7%	72	260, 90,3%	288

Sedangkan data-data yang bersifat kualitatif berbentuk saran maupun pendapat dari para ahli disajikan melalui tabel 51 berikut ini.

Tabel 51.
Data Kualitatif Validasi Panduan Praktik Teknik Digital Dari Para Ahli

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Pada beberapa bagian, tugas pendahuluan terlalu banyak
3	Perlu ditambahkan contoh tabel pengamatan
4	Pemberian nomor gambar tidak diacu dalam panduan
5	Perlu ditambahkan contoh tampilan satu sesi praktik
6	Kata-kata asing perlu ditulis miring

2. Data Uji Coba Lapangan

Data-data uji coba lapangan pada penelitian ini digunakan untuk keperluan: (1) pengujian dampak pembelajaran terhadap produk yang dikembangkan dan, (2) menggali persepsi pengguna terhadap aspek instruksional dan presentasi produk. Selain itu, data-data hasil uji coba lapangan juga digunakan sebagai landasan untuk melakukan revisi akhir dari produk yang dikembangkan.

a. Data Pengujian Dampak Pembelajaran

Pengujian dampak pembelajaran dilakukan dengan memberikan *pre-test* sebelum pelaksanaan praktik dan *post-test* setelah pelaksanaan praktik. Data pengujian ini selengkapnya disajikan pada lampiran 42 dan ringkasannya disajikan pada tabel 52 berikut ini.

Tabel 52.
Data Pengujian Dampak Pembelajaran Berbentuk Rata-rata Nilai *Pre-Test* dan *Post-Test* Selama Praktik Dilaksanakan

Jenis Test	Sesi Praktik							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Pre-test	53,8	49,6	67,5	68,3	46,7	38,3	50,8	51,3
Post-test	71,3	60,8	77,5	72,1	55,8	47,5	70,4	62,5

b. Data Pengujian Persepsi Subjek Terhadap Produk

Data-data pengujian persepsi subjek terhadap produk meliputi persepsi terhadap aspek instruksional dan persepsi terhadap aspek presentasi produk. Secara lengkap, data-data ini tersaji pada lampiran 43, dan ringkasannya untuk aspek instruksional disajikan melalui tabel 53 berikut ini.

Tabel 53.
Data Persepsi Subjek Terhadap Produk Untuk Aspek Instruksional

Komponen	Instruktur/Dosen		Mahasiswa		Total	
	S	M	S	M	S	M
Kejelasan Kompetensi Dasar dan Tujuan	291, 83,1%	350	536, 69,6%	770	827, 73,8%	1120
Kejelasan Petunjuk Belajar	130, 86,7%	150	247, 74,8%	330	377, 78,5%	480
Kemudahan Memahami Materi dan Melaksanakan Praktik	155, 77,5%	200	302, 68,6%	440	457, 71,4	640
Keluasan dan kedalaman materi	121, 80,7%	150	248, 75,2%	330	369, 76,9%	480
Ketepatan urutan penyajian	162, 81%	200	334, 75,9%	440	496, 77,5%	640
Interaktivitas	77, 77%	100	163, 74,1%	220	240, 75%	320
Fleksibilitas	83, 83%	100	156, 70,9%	220	239, 74,7%	320
Ketepatan Evaluasi	208, 83,2%	250	425, 77,3%	550	633, 79,1%	800
Total	1227, 81,8%	1500	2411, 73,1%	3300	3638, 75,8%	4800

Sedangkan data persepsi subjek terhadap presentasi produk yang dikembangkan ditunjukkan pada tabel 54 berikut ini.

Tabel 54.
Data Persepsi Subjek Terhadap Presentasi Produk

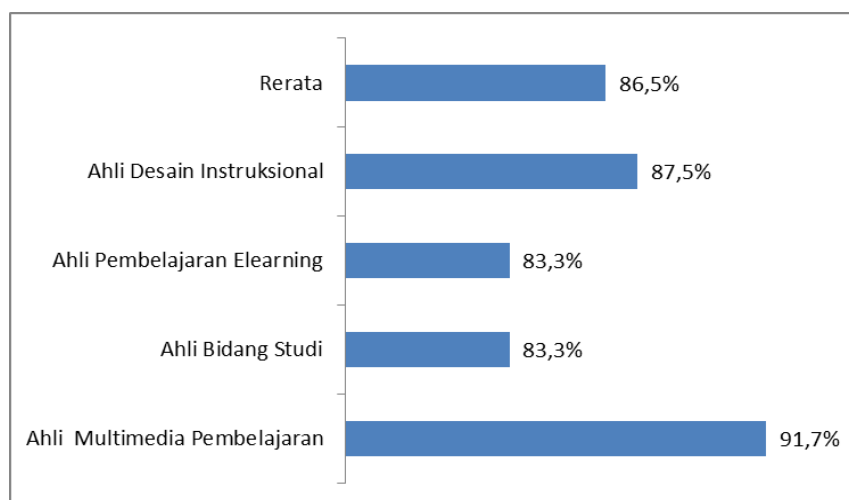
Komponen	Instruktur/Dosen		Mahasiswa		Total	
	S	M	S	M	S	M
Kejelasan Petunjuk Penggunaan	253, 84,3%	300	507, 76,8%	660	760, 79,2%	960
Keterbacaan	127, 84,7%	150	269, 81,5%	330	396, 82,5%	480
Kualitas Tampilan Gambar	120, 80%	150	262, 79,4%	330	382, 79,6%	480
Komposisi Warna	125, 83,3%	150	272, 82,4%	330	397, 82,7%	480
Kualitas Fasilitas Komunikasi	150, 75%	200	309, 70,2%	440	459, 71,7%	640
Kemudahan Operasi	167, 83,5%	200	340, 77,3%	440	507, 79,2%	640
Total	942, 81,9%	1150	1959, 77,4%	2530	2901, 78,8%	3680

C. Analisis Data

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, yakni diperolehnya produk berbentuk model pembelajaran *online* untuk praktik teknik digital yang murah dan fleksibel, maka tujuan utama analisis data ini adalah untuk keperluan pengujian validitas dan revisi produk sehingga dihasilkan produk yang siap diimplementasikan.

1. Analisis Validitas Model

Berdasarkan tabel 36, konsensus para ahli terhadap validitas model untuk aspek identifikasi masalah yang dilakukan pada pengembangan produk, dapat disajikan melalui grafik seperti pada gambar 14 berikut ini.

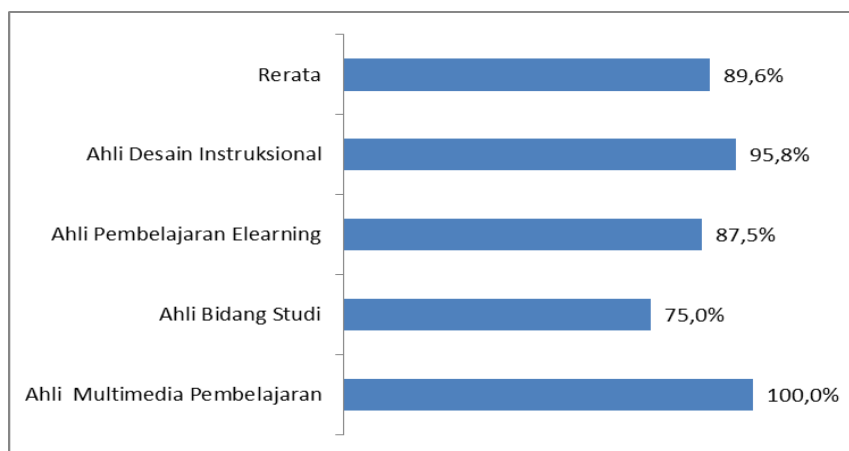


Gambar 14.
Konsensus Para Ahli Terhadap Model Dari Aspek Identifikasi Masalah

Berdasarkan gambar 14, terlihat bahwa konsensus yang diberikan oleh para ahli terhadap aspek identifikasi masalah rata-rata sebesar 86,5% atau termasuk dalam kategori sangat layak. Hal ini memberikan makna bahwa model dari produk yang dikembangkan telah didasarkan pada analisis kebutuhan yang cermat. Pengembangan produk telah didasarkan pada: (1) tuntutan kebutuhan

dunia pendidikan, (2) tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan dinamika dunia kerja, (3) kebutuhan calon pengguna model, (4) tuntutan perbaikan efisiensi dan efektivitas proses pendidikan/pembelajaran, (5) analisis kebutuhan yang komprehensif, dan (6) masalah-masalah yang menarik dan penting untuk diselesaikan. Berdasarkan hasil analisis ini dan kriteria validitas produk, dapat dikemukakan bahwa dari aspek identifikasi masalah, model yang dikembangkan telah dipandang oleh para ahli sangat layak untuk diimplementasikan.

Dari aspek penentuan jenis produk, konsensus para ahli terhadap validitas model, berdasarkan data pada tabel 36 di atas dapat disajikan melalui grafik seperti pada gambar 15 berikut ini.



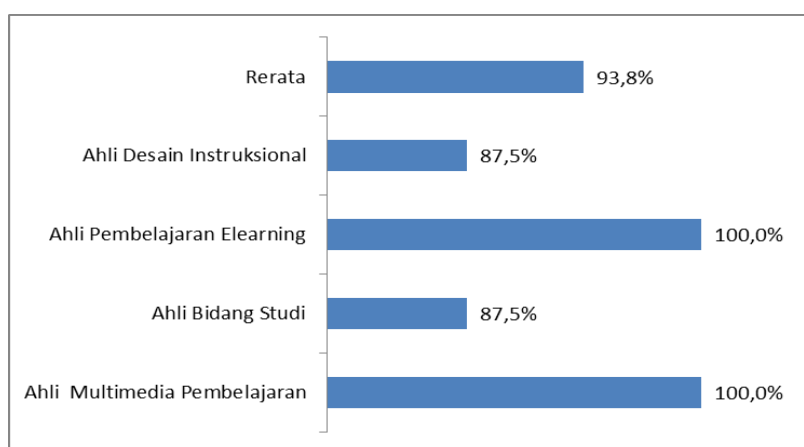
Gambar 15.
Konsensus Para Ahli Terhadap Model Dari Aspek Penentuan Jenis Produk

Persentase rerata sebesar 89,6% pada grafik di atas menunjukkan para ahli telah sepakat bahwa: (1) penentuan jenis produk yang dikembangkan merupakan prioritas penyelesaian masalah yang ada, (2) jenis produk yang dikembangkan dapat memberikan sumbangan dan memenuhi kebutuhan bagi dunia pendidikan, (3) pengembangan produk adalah solusi yang tepat untuk menyelesaikan masalah,

(4) produk yang dikembangkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas penyelenggaraan pendidikan, (5) pengembangan produk dalam jangkauan kemampuan peneliti dari segi tenaga, pikiran, biaya dan waktu, serta (6) jenis produk yang dihasilkan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam kasus ini, tiga orang ahli memberikan tingkat konsensus sangat layak di atas 80%, tetapi ahli bidang studi memberikan tingkat kelayakan sebesar 75% atau masuk kategori layak. Hal ini disebabkan, menurut pandangan ahli bidang studi, penentuan jenis produk yang dikembangkan harus dilakukan berdasarkan pula karakter matakuliah yang akan dipraktikkan. Tidak semua matakuliah dapat diselenggarakan praktiknya melalui model virtual *online* seperti pada produk ini. Walaupun demikian, memperhatikan hasil analisis ini secara umum, dari aspek penentuan jenis produk, dengan tingkat konsensus rerata sebesar 89,6%, dapat dikemukakan bahwa model dari produk yang dikembangkan, menurut para ahli sangat layak diimplementasikan.

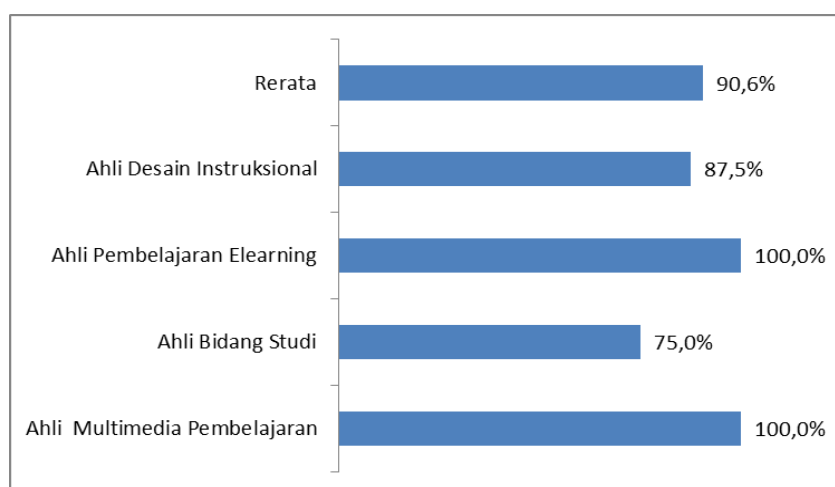
Untuk aspek penentuan tujuan program, data-data konsensus ahli dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 16 berikut ini.



Gambar 16.
Konsensus Para Ahli Terhadap Model Dari Aspek Penentuan Tujuan Program

Berdasarkan grafik pada gambar 16 di atas, terlihat para ahli telah sepakat memberikan persetujuan bahwa tujuan pengembangan produk telah mencerminkan usaha penyelesaian masalah yang menjadi prioritas untuk diselesaikan dan rumusannya telah mengarah kepada usaha peningkatan efisiensi dan efektivitas penyelenggaraan pendidikan. Persentase rerata konsensus sebesar 93,8% telah menunjukkan bahwa model dari produk yang dikembangkan, berdasarkan aspek penentuan tujuan programnya, menurut para ahli sangat layak untuk diimplementasikan.

Selanjutnya, dari aspek struktur dan komponen model, data-data validitas ahli terhadap produk yang dikembangkan dapat disajikan menggunakan grafik seperti pada gambar 17 berikut ini.



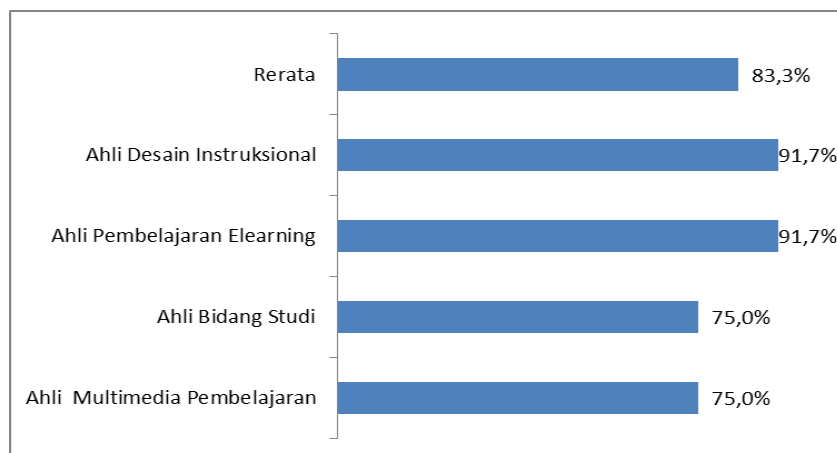
Gambar 17.
Konsensus Para Ahli Terhadap Model Dari Aspek Struktur dan Komponen Model

Dari grafik pada gambar 17 di atas, secara umum terlihat para ahli telah sepakat bahwa produk yang dikembangkan memiliki struktur dan komponen yang memadai. Dalam hal ini, model yang dihasilkan: (1) telah digambarkan dalam bentuk struktur yang mengandung komponen-komponen, (2) strukturnya berbeda

dari model-model yang telah ada, (3) relasi antar komponen-komponennya telah digambarkan secara jelas, (4) mengandung *setting* yang jelas dan tepat, (5) mengandung *syntax* yang mampu mendukung pencapaian standar kompetensi, sesuai dengan metode dan pendekatan pembelajaran yang digunakan, serta dapat dilaksanakan dengan mudah.

Seperti halnya pada aspek penentuan jenis produk, pada aspek struktur dan komponen ini konsensus ahli bidang studi memiliki persentase paling rendah yakni 75 % atau masuk dalam kategori layak, sedangkan tiga ahli lainnya memiliki tingkat konsensus sangat layak. Hal ini disebabkan karena menurut pandangan ahli bidang studi, struktur dan komponen model secara keseluruhan bukan merupakan model yang baru sama sekali melainkan merupakan pengembangan dari salah satu komponennya saja yakni inovasi pada bagian interaksi antar mahasiswa yang semula bersifat *offline* menjadi kolaborasi *online*, khususnya pada penggunaan simulatornya. Ahli bidang studi menyarankan perlu adanya uraian perbedaan-perbedaan model yang dikembangkan dengan model-model yang telah ada sebelumnya. Namun, secara keseluruhan, dari aspek struktur dan komponennya, dengan rerata persentase konsensus sebesar 90,6%, model yang dikembangkan ini menurut para ahli sangat layak untuk diimplementasikan.

Komponen atau aspek validitas terakhir yang digunakan para ahli dalam menentukan kelayakan model pada penelitian ini adalah kelengkapan model. Dalam hal ini, kelengkapan model mencakup seluruh perangkat pembelajaran yang mendukung implementasi model. Data-data konsensus para ahli dari aspek kelengkapan model dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 18 berikut ini.



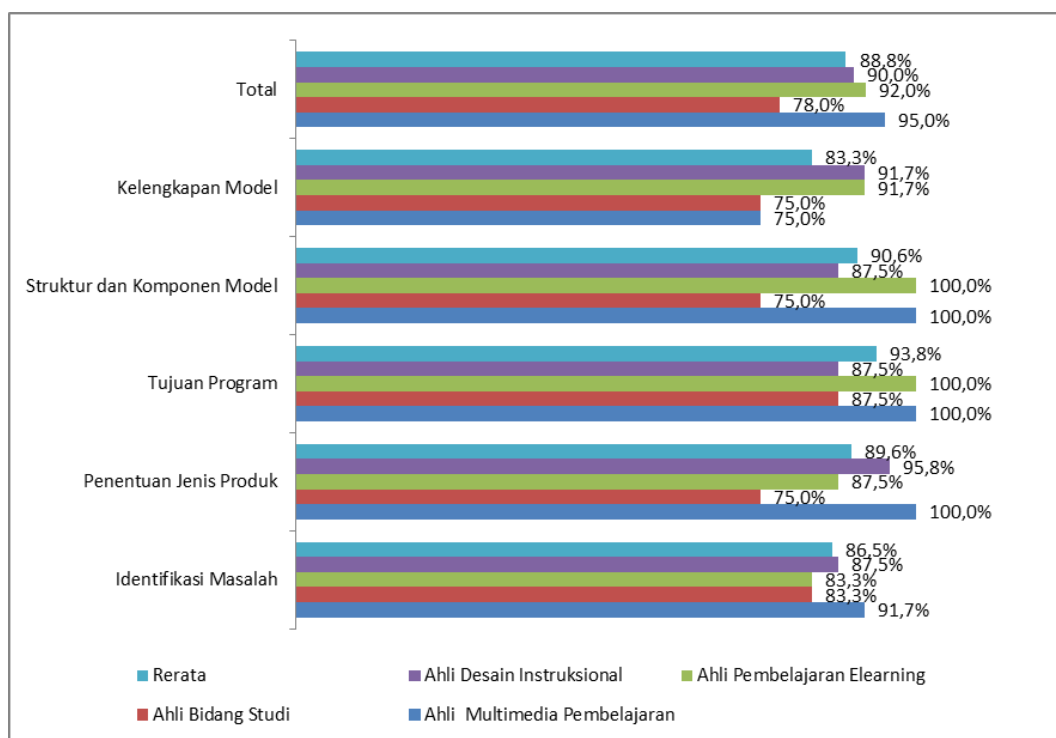
Gambar 18.
Konsensus Para Ahli Terhadap Produk Dari Aspek Kelengkapan Model

Dengan rerata persentase konsensus sebesar 83,3%, dari grafik tersebut dapat dikemukakan bahwa para ahli sepakat menyatakan produk yang dikembangkan telah dilengkapi dengan perangkat pembelajaran yang memadai, mudah dipahami, mudah dilaksanakan, serta dapat membantu kelancaran implementasi model.

Berdasarkan grafik pada gambar 18 terlihat pula bahwa dua ahli yakni ahli multimedia pembelajaran dan bidang studi memberikan tingkat konsensus layak dan dua ahli lainnya memberikan tingkat konsensus sangat layak. Hal ini disebabkan ahli multimedia pembelajaran memandang bahwa saat model ini dikonsultasikan, kelengkapan model yang mendukung pembelajaran praktik khususnya portal laboratorium virtual masih perlu pembenahan dari aspek tampilan dan isinya, sedangkan ahli bidang studi memandang bahwa kelengkapan model khususnya buku ajar dan panduan simulator perlu dilakukan revisi pada beberapa bagian agar sesuai dengan karakteristik bidang studi teknik digital. Walaupun demikian, secara umum para ahli telah sepakat bahwa dari aspek

kelengkapannya, model yang dikembangkan melalui penelitian ini sangat layak untuk diimplementasikan.

Berdasarkan analisis terhadap konsensus para ahli untuk semua aspek seperti telah dikemukakan di atas, dapat disajikan ringkasan konsensus para ahli tersebut menggunakan grafik seperti ditunjukkan pada gambar 19 berikut ini.



Gambar 19.
Grafik Ringkasan Konsensus Para Ahli Terhadap Model

Dari grafik di atas terlihat bahwa konsensus rerata untuk semua aspek terhadap produk yang dikembangkan adalah sebesar 88,8%. Kenyataan ini menunjukkan bahwa menurut para ahli yang terdiri dari ahli multimedia pembelajaran, ahli bidang studi, ahli pembelajaran *elearning* dan ahli desain instruksional, model pembelajaran *online* untuk praktik teknik digital dengan

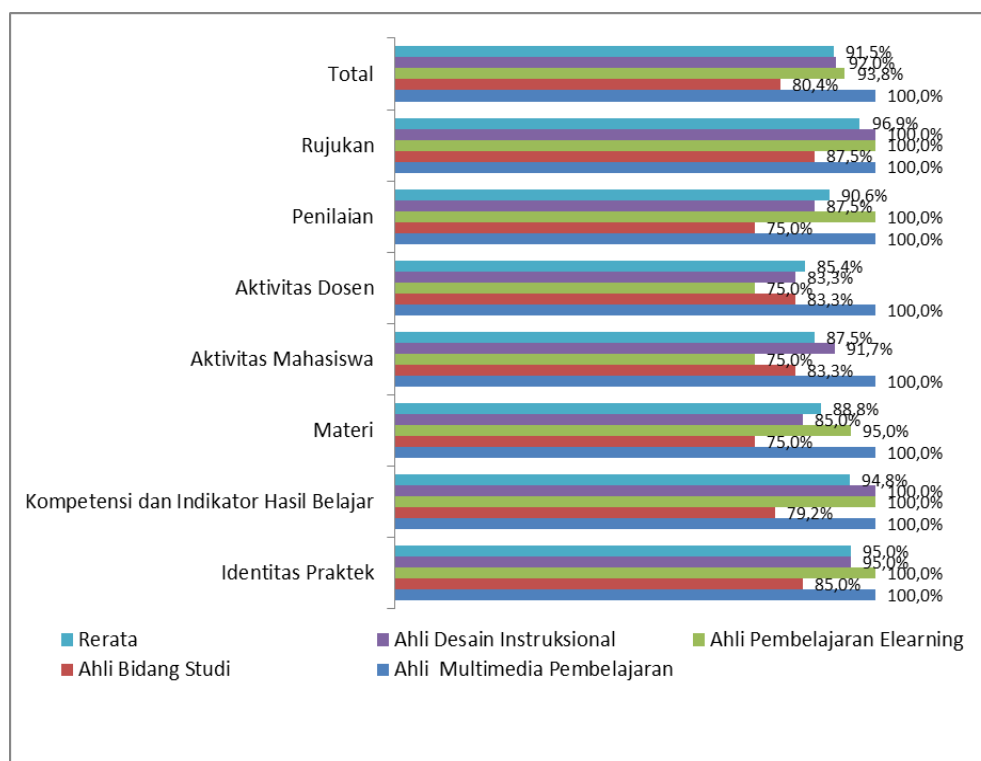
pendekatan kolaborasi sebagai produk penelitian ini sangat layak diimplementasikan.

2. Analisis Validitas Perangkat Pendukung Model

Pada penelitian pengembangan ini terdapat tujuh perangkat pembelajaran sebagai pendukung model pembelajaran yang dikembangkan.

a. Analisis Validitas SAP

Berdasarkan data-data yang disajikan pada tabel 38 di atas, konsensus para ahli terhadap SAP yang dikembangkan dapat disajikan melalui grafik pada gambar 20 berikut ini.



Gambar 20.
Grafik Ringkasan Konsensus Para Ahli Terhadap SAP

Dari aspek identitas praktik, terlihat bahwa rerata tingkat konsensus para ahli mencapai 95% yang menunjukkan bahwa SAP yang disusun telah: (1) mencantumkan nama dan kode praktik dengan jelas, (2) mencantumkan semester dengan jelas, (3) mencantumkan bobot mata kuliah dengan tepat dan jelas, (4) mengalokasikan waktu kegiatan kuliah dan praktik per minggu secara tepat dan jelas, serta (5) memberikan deskripsi mata kuliah secara runtut dan jelas.

Berdasarkan tinjauan dari aspek/komponen kompetensi belajar dan indikator hasil belajar terlihat bahwa tingkat konsensus para ahli terhadap kelayakan SAP mencapai 94,8%. Hal ini mengindikasikan para ahli telah sepakat bahwa kompetensi belajar dan indikator hasil belajar yang dirumuskan sangat layak digunakan sebagai bagian dari SAP yang dikembangkan, walaupun ahli bidang studi hanya memberikan konsensus sampai level layak saja (79,2%). Hasil ini mengandung makna bahwa dalam dokumen SAP yang dikembangkan telah mencantumkan: (1) standar kompetensi yang akan dicapai, (2) rumusan standar kompetensi yang mencerminkan pencapaian akademik terhadap isi/materi kuliah/praktik, (3) kompetensi dasar pada setiap pertemuan yang dapat mendukung pencapaian standar kompetensi, (5) indikator hasil belajar pada setiap pertemuan yang dirumuskan secara operasional, dan (6) rumusan indikator hasil belajar yang dapat mendukung pencapaian kompetensi dasar.

Selanjutnya, jika dilihat dari aspek/komponen materinya, tingkat konsensus para ahli terhadap SAP yang dikembangkan mencapai 88,8%. Hal ini berarti para ahli sepakat bahwa struktur materi pembelajaran yang disusun sangat layak digunakan sebagai bagian dari SAP yang dikembangkan. Pandangan para ahli dilandasi atas penilaian yang menunjukkan bahwa pada dokumen SAP yang

dikembangkan: (1) susunan materi setiap pertemuan mencerminkan aspek-aspek dari mata kuliah Teknik Digital, (2) materi kuliah/praktik setiap pertemuan mendukung pencapaian kompetensi dasar, (3) urutan materinya sesuai dengan tahap pencapaian kompetensi yang diinginkan, (4) materinya sesuai dengan alokasi waktu yang disediakan, serta (5) seluruh materinya mendukung pencapaian standar kompetensi. Dalam menilai SAP, ahli bidang studi memberikan penilaiannya hanya sampai pada level layak (79,2%). Hal ini disebabkan menurut ahli bidang studi, materi dalam SAP harus disusun berdasarkan buku ajar dan dalam hal ini buku ajar yang dikembangkan masih perlu diperbaiki pada beberapa bagiannya.

Atas dasar aspek aktivitas mahasiswa dalam pembelajaran, konsensus para ahli mencapai tingkat 87,5% yang menunjukkan bahwa rancangan aktivitas mahasiswa yang disiapkan sangat layak digunakan sebagai bagian dari strategi pembelajaran yang digunakan dalam SAP. Kelayakan ini didasarkan atas hasil penilaian yang menunjukkan SAP telah: (1) menempatkan mahasiswa sebagai subjek pembelajaran, (2) mengarahkan mahasiswa agar termotivasi dan aktif dalam pembelajaran, serta (3) menciptakan interaksi antar mahasiswa dalam pembelajaran. Dari keempat ahli, dalam kasus ini hanya ahli pembelajaran *E-Learning* yang memberikan penilaian pada tingkat layak (75%), tiga ahli lainnya memberikan tingkat konsensus sangat layak. Hal ini disebabkan ahli pembelajaran *E-Learning* berpandangan bahwa SAP yang dikembangkan belum mengarahkan terjadinya interaksi antar mahasiswa secara aktif seperti dalam kegiatan diskusi.

Dari aspek aktivitas dosen, terlihat bahwa tingkat konsesnsus rerata para ahli mencapai 85,4%, yang menunjukkan rancangan aktivitas dosen yang disusun

dinyatakan sangat layak digunakan sebagai bagian strategi pembelajaran yang digunakan. Tingkat konsensus ini dilandasi oleh hasil penilaian bahwa SAP yang dikembangkan telah menempatkan dosen sebagai fasilitator dalam pembelajaran, menggunakan metode dan media yang dapat memotivasi dan mendorong mahasiswa aktif dalam pembelajaran, serta mengorganisir mahasiswa agar aktif bekerja secara berkelompok. Seperti halnya pada aspek aktivitas mahasiswa, pada aspek aktivitas dosen ini ahli pembelajaran *E-Learning* juga memberikan konsensus pada tingkat layak (75%), sedangkan tiga ahli lainnya menilai sangat layak. Hal ini disebabkan dalam pandangan ahli pembelajaran *E-Learning*, SAP yang dikembangkan belum menunjukkan aktivitas dosen yang mengarahkan mahasiswa agar dapat berinteraksi melalui kegiatan diskusi.

Jika dilihat dari aspek penilaian, konsensus para ahli mencapai tingkat rerata sebesar 90,6%, yang menunjukkan sistem penilaian yang dirancang dianggap sangat layak digunakan sebagai bagian dari sistem evaluasi pembelajaran dalam SAP. Kelayakan ini didasarkan atas hasil penilaian yang menunjukkan bahwa SAP yang disusun telah mencantumkan: (1) penggunaan cara penilaian yang mudah dilaksanakan, (2) level taksonomi penilaian yang sesuai dengan karakteristik mahasiswa, (3) bobot penilaian pada masing-masing aspek telah ditentukan secara proporsional, serta (4) sistem penilaian yang dapat mengukur pencapaian standar kompetensi yang ditentukan. Dibandingkan dengan ketiga ahli lainnya yang memberikan tingkat konsensus sangat layak, pada kasus ini, ahli bidang studi memberikan tingkat konsensus layak (75%). Hal ini disebabkan, dalam pandangan ahli bidang studi, penilaian harus terkait dengan

materi yang tercantum dalam buku ajar yang masih perlu diperbaiki pada bagian-bagian tertentu.

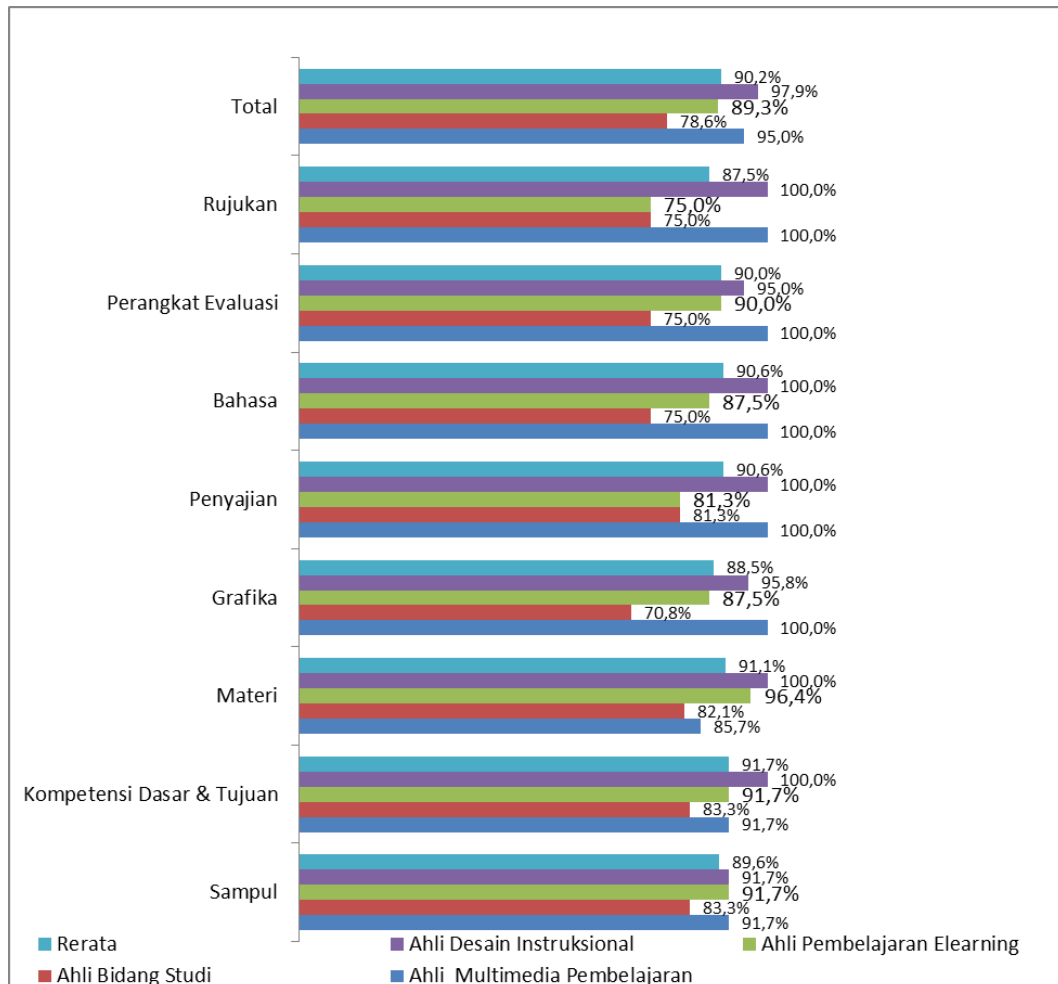
Aspek terakhir yang digunakan para ahli dalam menilai validitas SAP adalah rujukan. Dari aspek ini terlihat bahwa konsensus para ahli mencapai level 96,6% yang menunjukkan bahwa daftar pustaka yang ditentukan sangat layak digunakan sebagai acuan dalam proses pembelajaran. Keyakinan para ahli atas kelayakan ini didasarkan pada hasil penilaian yang mengindikasikan bahwa SAP yang dikembangkan telah menggunakan daftar pustaka yang relevan dengan materi, dan telah mencantumkan halaman pustaka yang dirujuk sehingga mempermudah penyusunan bahan ajar bagi dosen.

Berdasarkan analisis dari berbagai aspek tersebut, dengan tingkat konsensus rerata untuk semua aspek sebesar 91,5%, telah menunjukkan bahwa semua ahli sepakat SAP yang dikembangkan sangat layak digunakan sebagai perangkat pendukung model pembelajaran yang dikembangkan.

b. Analisis Validitas Buku Ajar Teknik Digital

Berdasarkan tabel 40 dapat disajikan data-data validitas buku ajar teknik digital seperti pada gambar 21 berikut ini. Dari gambar tersebut terlihat bahwa untuk aspek sampul buku ajar, para ahli memberikan tingkat konsensus rerata sebesar 89,6%. Dari sisi persentasenya, sampul buku ajar sesungguhnya telah memperoleh persetujuan dari para ahli secara meyakinkan, karena sampul telah menampilkan identitas bahan ajar secara jelas, dan menunjukkan sasaran pengguna bahan ajar secara jelas pula, namun dari data kualitatif, para ahli cenderung menyarankan untuk mengganti sampul agar tidak terlalu simpel, dan

menampakkan ilustrasi yang mampu memotivasi mahasiswa untuk belajar teknik digital. Dengan melakukan pergantian sampul sesuai saran para ahli, dapat dikemukakan bahwa sampul buku ajar dinyatakan sangat layak digunakan.



Gambar 21.
Grafik Ringkasan Konsensus Para Ahli Terhadap Buku Ajar Teknik Digital

Pada aspek kompetensi dasar dan tujuannya, para ahli memberikan derajat konsensus rerata sebesar 91,7% yang menunjukkan bahwa rumusan kedua aspek tersebut dinyatakan sangat layak sebagai bagian dari komponen buku ajar yang dikembangkan. Konsensus ini didasarkan pada hasil penilaian para ahli yang menunjukkan bahwa buku ajar telah mengandung rumusan kompetensi yang

harus dicapai dan tujuan pembelajaran pada setiap awal bab. Tujuan pembelajaran telah dirumuskan dengan susunan kalimat yang sederhana, operasional, menggunakan bahasa yang komunikatif, memotivasi mahasiswa untuk mencapainya secara bertahap, serta menunjukkan tahap-tahap yang jelas menuju pencapaian kompetensi.

Pada aspek materi terlihat bahwa semua ahli telah memberikan konsensus dengan persentase rerata sebesar 91,1%. Hal ini menunjukkan bahwa para ahli telah sepakat menyatakan materi yang disusun dalam buku ajar sangat layak digunakan sebagai bahan ajar pembelajaran teknik digital. Konsensus ini berlandaskan pada hasil penilaian para ahli yang menunjukkan bahwa: (1) uraian materi pada setiap bab sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, (2) materi-materi yang terkandung dalam buku ajar valid sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, (3) rumus-rumus yang tercantum sesuai dengan materi yang dijelaskan, (4) simbol-simbol yang digunakan sesuai dengan karakteristik bahan ajar, (5) penggunaan satuan sesuai dengan karakteristik materi bahan ajar, (6) tabel yang digunakan tepat sesuai dengan materi yang diuraikan, serta (7) materi-materinya mampu mengembangkan kecakapan akademik meliputi aspek kognitif, psikomotorik dan afektif.

Walaupun dari aspek materi para ahli telah sepakat bahwa materi-materi buku ajar sangat layak digunakan sebagai pendukung implementasi model, namun secara kualitatif para ahli memberikan saran-saran perbaikan seperti tercantum pada tabel 41. Data-data kualitatif berbentuk saran para ahli sebanyak 15 butir seperti disajikan pada tabel 41 di atas, dalam penelitian ini digunakan sebagai landasan perbaikan atau revisi buku ajar.

Selanjutnya, dari aspek grafika terlihat bahwa para ahli telah memberikan kesepakatannya pada tingkat sangat layak atau dengan persentase sebesar 88,5%. Namun ahli bidang studi memberikan konsensus validitas sebesar 70,8% atau pada tingkat layak. Hal ini disebabkan, dalam pandangan ahli bidang studi, dalam buku ajar yang dikembangkan, masih terdapat ilustrasi-ilustrasi yang perlu ditambah dengan penjelasan. Walaupun demikian, berdasarkan rerata konsensus, grafika pada buku ajar ini dinyatakan sangat layak sebagai bagian dari aspek buku ajar. Kelayakan ini didasarkan pada hasil penilaian yang menunjukkan bahwa aspek grafika buku ajar memenuhi kondisi-kondisi: (1) tataletak grafik estetik, dinamis dan menarik, (2) penampilan ilustrasi menggunakan gambar yang diberi nomor dan judul sehingga memudahkan dalam pencariannya, (3) ilustrasi yang digunakan dilengkapi dengan keterangan yang dapat memperjelas pemahaman terhadap materi yang diuraikan, (4) seluruh uraian materinya menggunakan ukuran dan jenis huruf dengan tingkat keterbacaan yang tinggi, (5) ukuran kolom dan baris tabel-tabel yang ditampilkan proporsional terhadap ukuran halaman sehingga mudah dibaca dan memperjelas uraian materi, serta (6) semua tabel diberi nomor dan judul sehingga memudahkan dalam pencariannya.

Jika dilihat dari aspek penyajiannya, para ahli memberikan konsensus pada tingkat persentase sebesar 90,6%. Hal ini berarti cara penyajian yang disusun dinyatakan sangat layak sebagai suatu strategi penyampaian materi dalam buku ajar. Kelayakan ini didasarkan pada hasil penilaian para ahli yang menunjukkan bahwa penyajian materi pada buku ajar telah memenuhi kondisi-kondisi: (1) dilakukan secara bertahap dari mudah ke arah yang sulit, dari sederhana ke arah yang lebih rumit, atau dari bersifat konkrit ke abstrak,

(2) menarik minat dan perhatian mahasiswa, (3) terorganisasi dan sistematis sehingga mudah dipahami, serta (4) mencerminkan hubungan yang erat antar bab.

Dari aspek bahasa yang digunakan, para ahli telah menyatakan bahwa buku ajar yang dikembangkan sangat layak digunakan sebagai perangkat pendukung model dengan tingkat konsensus sebesar 90,6%, walaupun ahli bidang studi memberikan tingkat konsensus layak (75%). Hal ini berarti buku ajar yang dikembangkan telah menggunakan bahasa yang etis, estetis, dan komunikatif (mudah dipahami) sesuai dengan sasaran pembaca buku ajar. Hasil penilaian para ahli juga menunjukkan bahwa tata kalimat yang digunakan dalam penyusunan buku ajar telah menggunakan ejaan, tanda baca, kosakata, dan paragraf yang sesuai dengan kaidah baku bahasa Indonesia.

Berdasarkan perangkat evaluasinya, walaupun ahli bidang studi memberikan tingkat konsensus sebesar 75% atau layak, namun konsensus rerata semua ahli mencapai 90% yang berarti perangkat evaluasi yang dikembangkan dipandang sangat layak digunakan sebagai bagian dari komponen buku ajar. Kelayakan dari aspek perangkat evaluasi ini didasarkan atas hasil penilaian para ahli yang menunjukkan bahwa buku ajar menyediakan soal-soal yang: (1) sesuai dengan tujuan pembelajaran pada masing-masing bab, (2) dapat memperkuat penguasaan materi pada setiap akhir bab, (3) sesuai dengan konsep-konsep materi yang diberikan, (4) dapat mendorong mahasiswa berfikir kritis, logis, sistematis dan analitis, serta (5) memiliki tingkat kesulitan secara gradual.

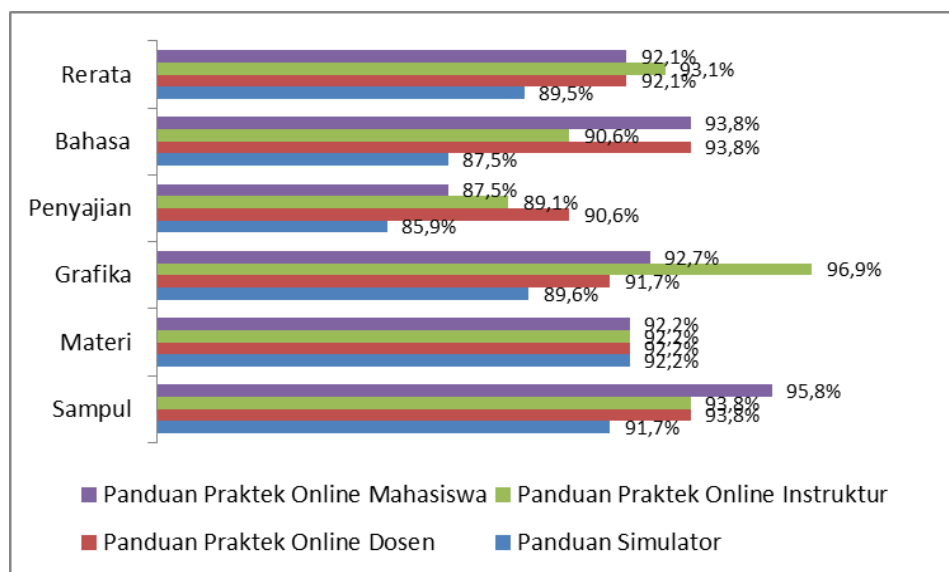
Sedangkan dari aspek rujukan, para ahli memberikan tingkat konsensus rerata sebesar 87,5% yang menunjukkan bahwa daftar pustaka yang digunakan dalam buku ajar sangat layak. Kelayakan aspek ini didasarkan pada hasil penilaian

para ahli yang menunjukkan bahwa daftar pustaka dalam buku ajar telah tercantum secara sistematis, dan relevan dengan seluruh materi yang ada.

Berdasarkan analisis validitas pada masing-masing aspek seperti di atas, dan dengan tingkat konsensus rerata para ahli untuk semua aspek sebesar 90,2%, dapat dikemukakan bahwa buku ajar teknik digital yang dikembangkan pada penelitian ini sangat layak digunakan sebagai perangkat pembelajaran pendukung model yang dikembangkan.

c. Analisis Validitas Panduan Simulator dan Panduan Praktik *Online*

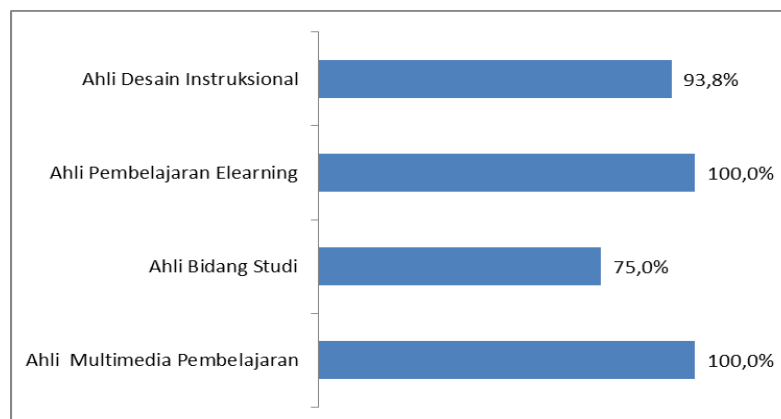
Berdasarkan tabel 26 pada bab sebelumnya, telah dideskripsikan bahwa validitas panduan simulator dan validitas panduan praktik *online* untuk dosen, instruktur dan mahasiswa ditinjau berdasarkan aspek-aspek yang sama. Oleh sebab itu, analisis terhadap panduan-panduan tersebut akan dipadukan. Merujuk pada tabel 42, 44, 46, dan 48 di atas dapat disajikan data-data validitas panduan simulator dan panduan praktik *online* seperti pada gambar 22 berikut ini.



Gambar 22.
Grafik Konsensus Para Ahli Terhadap Panduan Simulator dan Praktik *Online*

Pada aspek sampul, para ahli memberikan konsensus rerata berturut-turut sebesar 89,5%, 92,1%, 93,1%, dan 92,1% untuk panduan penggunaan simulator *breadboard*, panduan praktik *online* bagi dosen, instruktur dan mahasiswa. Hasil ini menunjukkan bahwa sampul keempat panduan yang dinilai dinyatakan sangat layak digunakan. Hal yang mendasari konsensus ini adalah hasil penilaian ahli yang menunjukkan bahwa sampul keempat panduan telah menampilkan: (1) identitas panduan secara jelas, (2) sasaran pengguna panduan secara jelas, dan (3) ilustrasi yang memotivasi pembaca untuk mempelajarinya. Namun, data kualitatif menunjukkan para ahli memberikan komentar bahwa sampul-sampul tersebut terlalu simpel dan tidak artistik. Dengan demikian, sampul-sampul yang dinilai akan menjadi layak digunakan jika telah diganti menggunakan disain yang lebih artistik sehingga mampu memotivasi pembaca untuk mempelajarinya.

Rerata konsensus ahli yang diberikan pada aspek materi untuk keempat panduan sebesar 92,2%. Hal ini menunjukkan bahwa materi pada keempat panduan yang dinilai sangat layak digunakan. Kelayakan ini didasarkan pada hasil penilaian ahli yang menunjukkan bahwa: (1) komponen materi pada setiap bab memadai sesuai dengan tujuan penyediaan buku panduan, (2) materi-materi yang terkandung dalam buku panduan valid sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, (3) materi-materinya berisi konsep yang benar dalam bidang kajian kompetensi pembacanya, dan materi-materinya mampu meningkatkan pengetahuan dan keterampilan pembaca. Pada kasus ini, ahli bidang studi memberikan konsensus pada level layak, sedangkan ahli-ahli lainnya sangat layak seperti ditunjukkan pada gambar 42 berikut ini.



Gambar 23.
Grafik Rerata Konsensus Para Ahli Terhadap Aspek Materi
Pada Panduan Simulator dan Panduan Praktik *Online*

Hal ini disebabkan, menurut ahli bidang studi, simulator *breadboard* yang digunakan memiliki keterbatasan dalam menyimulasikan watak-watak tertentu dari komponen digital yang digunakan.

Berdasarkan aspek grafika, para ahli memberikan konsensus pada tingkat sangat layak untuk semua panduan yang dinilai karena persentasenya di atas 80%. Kenyataan ini menunjukkan bahwa grafika dalam panduan-panduan ini sangat layak dalam tampilannya. Penilaian ini didasari oleh pandangan para ahli bahwa grafika panduan-panduan ini memenuhi kondisi: (1) tataletak grafik estetik, dinamis dan menarik, (2) penampilan ilustrasi menggunakan gambar yang diberi nomor dan judul sehingga memudahkan dalam pencariannya, (3) ilustrasi yang digunakan dilengkapi dengan keterangan yang dapat memperjelas pemahaman terhadap materi yang diuraikan, (4) seluruh uraian materinya menggunakan ukuran dan jenis huruf dengan tingkat keterbacaan yang tinggi, (5) ukuran kolom dan baris tabel-tabel yang ditampilkan proporsional terhadap ukuran halaman sehingga mudah dibaca dan memperjelas uraian materi, dan (6) semua tabel diberi nomor dan judul sehingga memudahkan dalam pencariannya.

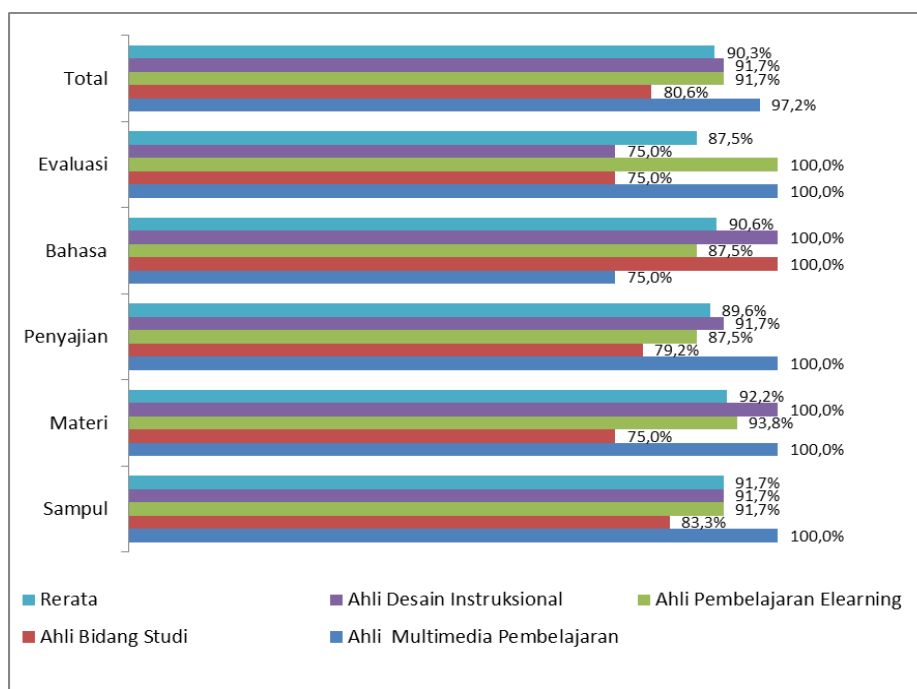
Selanjutnya, dari aspek penyajiannya, para ahli memberikan konsensus dengan persentase rerata di atas 80%. Hasil ini menunjukkan para ahli sepakat menyatakan bahwa penyajian yang dirancang pada panduan-panduan ini sangat layak digunakan sebagai salah satu cara penyampaian materi. Konsensus ahli ini dilandasi oleh hasil penilaian yang menunjukkan bahwa penyajian materi pada panduan ini: (1) telah disusun secara runtun, sistematis, lugas dan mudah dipahami serta dilaksanakan, (2) dapat menarik minat dan perhatian pembaca, (3) dapat memotivasi pembaca untuk mengetahui lebih jauh, dan (4) dapat mengembangkan pengetahuan serta keterampilan pembaca.

Jika dilihat dari aspek bahasa yang digunakan, para ahli memberikan konsensus rerata sebesar 87,5%, 93,8%, 90,6%, dan 93,8% untuk panduan simulator, panduan praktik *online* bagi dosen, instruktur dan mahasiswa. Jadi, para ahli telah sepakat bahwa panduan-panduan ini sangat layak dari segi bahasa yang digunakan. Dalam hal ini, panduan telah menggunakan bahasa yang etis, estetik dan komunikatif (mudah dipahami). Selain itu, panduan juga telah menggunakan ejaan, tanda baca, kosakata, kalimat dan paragraf yang sesuai dengan kaidah baku bahasa Indonesia.

Dengan memperhatikan analisis terhadap semua aspek yang digunakan, dapat dikemukakan bahwa panduan penggunaan simulator *breadboard*, panduan praktik *online* untuk dosen, panduan praktik *online* untuk instruktur dan panduan praktik *online* untuk mahasiswa yang disusun pada penelitian ini sangat layak digunakan sebagai salah satu perangkat pendukung model pembelajaran yang dikembangkan.

d. Analisis Validitas Panduan Praktik Teknik Digital

Berdasarkan data-data yang tercantum pada tabel 50 di atas, dapat disajikan grafik konsensus para ahli terhadap validitas panduan praktik teknik digital seperti pada gambar 24 berikut ini.



Gambar 24.
Grafik Konsensus Para Ahli Terhadap Panduan Praktik Teknik Digital

Dari aspek sampul, terlihat semua ahli sepakat bahwa rancangan sampul sangat layak digunakan, namun dari data kualitatif para ahli berkeinginan agar disainnya diganti sehingga tidak terlalu sederhana dan dapat memotivasi mahasiswa dalam melaksanakan praktik teknik digital. Para ahli berpandangan bahwa sampul telah menampakkan identitas panduan secara jelas dan menunjukkan sasaran pengguna panduan dengan jelas pula.

Materi-materi dalam panduan praktik teknik digital dipandang oleh para ahli sangat layak. Hal ini tercermin dari rerata konsensus yang diberikan para ahli

sebesar 92,2%. Kelayakan ini didasarkan pandangan ahli bahwa materi dalam panduan ini: (1) memenuhi standar minimum penyelenggaraan praktik laboratorium dalam aspek jumlah dan jenisnya, (2) mengandung unsur-unsur panduan praktik yang diperlukan seperti tujuan, alat, bahan, prosedur percobaan, tugas dan diuraikan secara jelas, operasional serta spesifik, (3) dapat mengarahkan mahasiswa memahami teori pendukung dengan baik sebelum praktik dilaksanakan, dan (4) dapat mengarahkan mahasiswa menyiapkan kelengkapan praktik dengan baik seperti tabel-tabel pengamatan setiap topik sebelum praktik dilaksanakan.

Berdasarkan aspek penyajiannya, para ahli memberikan konsensus rerata pada tingkat 89,6%. Hasil ini menunjukkan bahwa dalam pandangan para ahli, penyajian materi pada panduan ini sangat layak digunakan sebagai bagian dari strategi penyampaian materi praktik teknik digital. Konsensus ini didasarkan pada hasil penilaian para ahli yang menunjukkan bahwa dalam buku panduan: (1) materinya disajikan secara runtun, sistematis, lugas dan mudah dipahami serta dilaksanakan, (2) penyajian materinya menarik minat dan perhatian mahasiswa, (3) materinya disajikan secara *open-ended* sehingga mendorong tumbuhnya sikap kreatif mahasiswa dalam menentukan prosedur percobaan yang akan dilakukan, (4) penyajian materinya mendorong mahasiswa melakukan kerja kolaborasi, (5) penyajian materinya mendukung implementasi praktik dengan metode inkuiri terbimbing, serta (6) penyajian materinya mampu mengembangkan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa.

Selanjutnya, jika dilihat dari aspek bahasa yang digunakan, para ahli memberikan konsensus rerata sebesar 90,6%. Tingkat konsensus ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan sangat layak berfungsi sebagai media komunikasi antara panduan dengan

mahasiswa. Kelayakan ini didasari oleh penilaian para ahli yang menunjukkan bahwa panduan yang disusun telah menggunakan bahasa yang etis, estetik, dan komunikatif (mudah dipahami), serta menggunakan ejaan, tanda baca, kosakata, kalimat dan paragraf yang sesuai dengan kaidah baku bahasa Indonesia.

Sedangkan berdasarkan aspek evaluasinya, para ahli memberikan konsensus rerata sebesar 87,5% yang mengindikasikan bahwa sistem evaluasi yang digunakan pada panduan ini sangat layak digunakan untuk mengukur keberhasilan mahasiswa dalam kegiatan praktik. Hal ini didasarkan pada hasil penilaian para ahli yang menunjukkan bahwa: (1) panduan dilengkapi dengan evaluasi yang sesuai tujuan praktik setiap topik, (2) evaluasi dapat mengukur pencapaian tujuan praktik setiap topik, dan (3) model evaluasi sesuai dengan karakteristik pembelajaran praktik laboratorium.

Dalam kasus ini, ahli bidang studi memberikan konsensus dengan kategori layak untuk aspek materi, penyajian dan evaluasi. Kategori layak juga diberikan oleh ahli multimedia pembelajaran untuk aspek bahasa dan ahli desain instruksional untuk aspek evaluasi. Walaupun demikian, secara umum dengan rerata tingkat konsensus ahli sebesar 90,3%, hasil validasi ini telah menunjukkan bahwa para ahli sepakat panduan praktik teknik digital yang telah disusun sangat layak digunakan sebagai bagian dari perangkat pembelajaran pendukung model yang dikembangkan.

D. Revisi Produk

Berdasarkan hasil analisis terhadap data-data yang diperoleh dari uji coba para ahli, dapat diketahui bahwa produk yang dihasilkan melalui penelitian ini telah dinyatakan sangat layak diimplementasikan dengan beberapa saran perbaikan yang menyertainya. Saran-saran perbaikan produk berupa data-data

kualitatif yang diperoleh melalui angket dan dialog/wawancara langsung dengan para ahli yang telah ditetapkan.

Untuk model yang diuji, berdasarkan saran-saran para ahli yang disajikan pada tabel 37 di atas, telah dilakukan perbaikan produk seperti tercantum pada tabel 55 berikut ini.

Tabel 55.
Revisi Produk Terhadap Model yang Dikembangkan

Nomor	Komentar/Saran	Revisi
1	Perlu dipertegas bahwa produk yang dihasilkan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari jika persyaratan terpenuhi.	Telah ditambahkan kalimat sesuai saran yang diberikan, pada halaman 4 dari buku panduan model.
2	Istilah Pengembangan pada judul Bagian II Panduan Model diganti dengan judul Tujuan dan Lingkup Model.	Judul bagian II pada panduan model halaman 5 telah diganti sesuai saran yakni Tujuan dan Lingkup Model.
3	Karakteristik matakuliah perlu dipertimbangkan dalam mengimplementasikan model.	Perbaikan telah dilakukan dalam bentuk tambahan saran pada bagian pengantar panduan model dan panduan perangkat pendukungnya.
4	Perlu diuraikan perbedaan-perbedaan model yang dikembangkan dengan model-model yang telah ada sebelumnya.	Telah ditambahkan uraiannya pada lampiran 1 dan lampiran 2 dari buku panduan model.
5	Pada panduan model perlu dijelaskan cara yang dilakukan oleh simulator dalam menerapkan konsep <i>floating input</i> untuk gerbang logika jenis <i>tansistor-transistor logic</i> (TTL).	Telah ditambahkan uraian yang menjelaskan penerapan konsep <i>floating input</i> pada simulator <i>breadboard</i> dan tercantum pada halaman 26 dari panduan penggunaan simulator <i>breadboard</i> .
6	Hubungan antara model inkuiri terbimbing dengan aktivitas pertemuan perlu lebih diperjelas.	Telah ditambahkan <i>syntax</i> model berdasarkan proses akuisisi pengetahuan menggunakan metode inkuiri terbimbing pada halaman 24 dari buku panduan model.

Buku panduan model pembelajaran praktik *online* hasil pengembangan yang telah direvisi berdasarkan saran-saran ahli tersebut secara lengkap disajikan pada lampiran 47. Selanjutnya, untuk perangkat-perangkat pendukung model, revisi produk dimulai dari pemenuhan terhadap saran-saran untuk perbaikan SAP seperti tercantum pada tabel 56 berikut ini. Sedangkan produk SAP yang telah direvisi disajikan pada lampiran 48.

Tabel 56.
Revisi Perangkat Model: SAP

Nomor	Komentar/Saran	Revisi
1	Aspek media pembelajaran belum dicantumkan pada SAP yang dirancang.	Pada setiap sesi praktik telah dicantumkan informasi media pembelajaran yang digunakan.
2	Alokasi waktu untuk setiap aktivitas belum terlihat secara eksplisit	Telah dituliskan keterangan waktu praktik secara eksplisit pada kolom aktivitas pembelajaran.
3	Belum terlihat adanya keaktifan atau interaksi seperti diskusi mahasiswa dalam proses pembelajaran	Dalam kolom aktivitas pembelajaran telah ditambahkan informasi tentang diskusi dan kolaborasi dalam kelompok praktik

Untuk perangkat pembelajaran buku ajar, berdasarkan saran-saran para ahli pada tabel 41, perbaikannya dapat dideskripsikan seperti uraian berikut ini:

1. Sampul telah diubah menjadi lebih artistik dengan menggunakan pola-pola tertentu yang memberikan kesan digital.
2. Judul bab pada halaman yang berisi uraian tentang kompetensi dasar, tujuan dan garis-garis besar materi telah dihapus.
3. Hampir semua gambar/ilustrasi pada naskah buku ajar telah diperbesar dan dibuat berwarna.
4. Gambar-gambar dan tabel-tabel telah dilengkapi dengan penjelasan yang memadai.

5. Ilustrasi yang kurang telah ditambahkan pada beberapa uraian materi.
6. Setiap akhir bab telah ditambahkan soal-soal jenis pilihan ganda.
7. Referensi telah diacu pada isi buku ajar.
8. Pada bagian awal buku telah diuraikan tentang contoh-contoh sistem digital seperti komputer dan *handphone*.
9. Beberapa bagian yang rumit, uraiannya telah disajikan dengan menggunakan analogi seperti pada bab terakhir tentang materi transfer register paralel dan transfer register seri.
10. Beberapa gambar dan ilustrasi yang rumit telah dilengkapi dengan penjelasan yang mempermudah pemahaman.
11. Telah ditambahkan materi tentang: (a) ragam tegangan rangkaian digital untuk TTL (5 V dan 3,3 V) serta CMOS dalam lampiran 1 buku ajar, (b) definisi tegangan masukan untuk logika tinggi dan rendah (V_{IH} dan V_{IL}) serta tegangan keluaran (V_{OH} dan V_{OL}) dalam lampiran 1 buku ajar, (c) *noise margin* dalam lampiran 2 buku ajar, (d) watak *floating input* pada lampiran 3 buku ajar, (e) pengantarmukaan TTL/CMOS pada lampiran 4 buku ajar, (f) sifat keluaran gerbang TTL (*open collector* dan *totem pole*) serta teknik pemanfaatannya pada lampiran 5 buku ajar, (g) *fanin* dan *fanout* pada lampiran 6, dan (h) *propagation delay* pada lampiran 7 buku ajar.
12. Kesalahan tulis telah diperbaiki sesuai saran ahli.
13. Gambar 14 dalam naskah telah dilengkapi dengan penjelasan yang lebih detail sehingga mudah dipahami.
14. Materi pencacah ring dan pencacah Johnson telah ditambahkan pada bab VII.

15. Telah ditambahkan uraian tentang pentingnya pemasangan kapasitor *bypass* sedekat mungkin pada kaki *power supply* setiap IC logika yang digunakan yang dicantumkan pada lampiran terakhir dari buku ajar.

Buku Ajar Teknik Digital yang telah direvisi berdasarkan saran para ahli disajikan pada lampiran 49.

Selanjutnya, dilakukan perbaikan pada panduan pengoperasian simulator *breadboard* seperti disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 57.
Revisi Perangkat Model: Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Nomor	Komentar/Saran	Revisi
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik	Sampul telah diganti dengan desain yang lebih artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah	Nomor tabel/gambar yang diacu pada naskah telah dicantumkan
3	Pada halaman 17 perlu ditambah ilustrasi	Telah diberikan ilustrasi yang memadai
4	Judul perlu diperjelas misalnya menjadi Panduan Penggunaan/Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>	Judul telah diubah menjadi Panduan Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>

Panduan pengoperasian simulator *breadboard* hasil revisi berdasarkan saran-saran para ahli dapat dilihat pada lampiran 50.

Langkah lebih lanjut yang dilakukan adalah merevisi panduan pembelajaran praktik *online* untuk dosen, instruktur, dan mahasiswa. Revisi panduan pembelajaran praktik *online* untuk dosen dilakukan berdasarkan saran-saran ahli sesuai tabel 45 di atas, dan langkahnya dapat ditunjukkan melalui uraian-uraian pada tabel 58 berikut ini. Panduan pembelajaran praktik *online* untuk dosen yang telah direvisi dapat dilihat pada lampiran 51.

Tabel 58.
Revisi Perangkat Model: Panduan Pembelajaran Praktik *Online* Untuk Dosen

Nomor	Komentar/Saran	Revisi
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik	Sampul telah diganti dengan desain yang lebih artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah	Nomor tabel/gambar yang diacu pada naskah telah dicantumkan
3	Sebagai panduan, buku terlalu tebal	Ketebalan panduan dikarenakan panduan lebih banyak berisi gambar agar lebih komunikatif. Dalam hal ini, para ahli dapat menyetujuinya.

Berikutnya, panduan pembelajaran praktik *online* untuk instruktur direvisi berdasarkan saran-saran para ahli yang tertuang pada tabel 47 di muka. Berdasarkan tabel 47 tersebut, revisi panduan pembelajaran praktik *online* untuk instruktur, langkah-langkahnya dideskripsikan pada tabel 59 berikut ini. Secara lengkap, panduan yang telah direvisi ini disajikan pada lampiran 52.

Tabel 59.
Revisi Perangkat Model: Panduan Pembelajaran Praktik *Online* Untuk Instruktur

Nomor	Komentar/Saran	Revisi
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik	Sampul telah diganti dengan desain yang lebih artistik
2	Literatur perlu dicantumkan pada setiap buku pedoman	Daftar pustaka/literatur untuk semua pedoman telah dicantumkan

Sedangkan panduan pembelajaran praktik *online* untuk mahasiswa, revisinya didasarkan pada saran-saran para ahli pada tabel 49 di atas. Berdasarkan saran-saran tersebut, revisi terhadap panduan dilakukan seperti ditunjukkan pada tabel 60 berikut ini. Sedangkan naskah panduannya secara lengkap disajikan pada lampiran 53.

Tabel 60.
Revisi Panduan Pembelajaran Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Nomor	Komentar/Saran	Revisi
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik	Sampul telah diganti dengan desain yang lebih artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah	Beberapa nomor tabel/gambar telah diacu dalam naskah
3	Pada beberapa bagian khususnya uraian tentang <i>download</i> panduan praktik perlu diberi ilustrasi untuk menambah pemahaman mahasiswa	Telah ditambahkan uraian tentang <i>download</i> materi praktik yang dilengkapi dengan ilustrasi agar mahasiswa lebih cepat dalam memahaminya pada lampiran 1 buku panduan
4	Perlu ditambahkan contoh tampilan untuk satu sesi praktik agar mahasiswa terbantu dalam memahami isi praktik	Contoh tampilan untuk satu sesi praktik telah ditambahkan pada lampiran 2 dari panduan.

Perangkat terakhir yang direvisi adalah panduan praktik teknik digital. Berdasarkan saran-saran ahli pada tabel 51, revisi panduan ini dapat dideskripsikan seperti tabel berikut dan naskah lengkapnya dapat dilihat pada lampiran 54.

Tabel 61.
Revisi Perangkat Model: Panduan Praktik Teknik Digital

Nomor	Komentar/Saran	Revisi
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik	Sampul telah diganti dengan desain yang lebih artistik
2	Pada beberapa bagian, tugas pendahuluan terlalu banyak	Tugas pendahuluan telah dikurangi pada praktik ke-3 (Komparator dan Penjumlah Biner) dan praktik ke-6 (Flip-flop)
3	Perlu ditambahkan contoh tabel pengamatan	Cara membuat dan contoh-contoh tabel pengamatan telah ditambahkan pada lampiran 1 panduan.
4	Pemberian nomor gambar tidak diacu dalam panduan	Penyajian materi panduan tidak mengandung gambar, hanya disajikan dengan kalimat yang mengarah ke kegiatan inkuiri terbimbing.
5	Perlu ditambahkan contoh tampilan satu sesi praktik	Telah dijelaskan pada kunci jawaban yang diberikan kepada para instruktur
6	Kata-kata asing perlu ditulis miring	Kata-kata asing telah ditulis dengan huruf miring

E. Kajian Produk Akhir

Setelah mengalami proses validasi dari ahli bidang studi Teknik Digital, ahli pembelajaran *E-Learning*, ahli perancangan desain instruksional, dan ahli multi media pembelajaran, serta revisi berdasarkan saran-saran para ahli tersebut, seluruh produk yang dikembangkan, diujicobakan terlebih dahulu kepada subjek uji mahasiswa program studi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan, guna memperoleh informasi dampak pembelajaran dan saran-saran revisi akhir dari produk.

1. Analisis Dampak Pembelajaran

Analisis dampak pembelajaran dilakukan untuk melihat efektivitas produk yang telah divalidasi ahli dalam suatu proses pembelajaran praktik teknik digital. Seperti telah dikemukakan di muka, uji dampak pembelajaran dari produk ini dilakukan terhadap para mahasiswa peserta praktik Teknik Digital sebanyak 24 orang. Subjek penelitian ini diberi *pre-test* sebelum mengikuti kegiatan praktik dengan model yang dikembangkan, dan mengerjakan *post-test* setiap selesai praktik pada setiap sesi yang diselenggarakan. Pemberian *pre-test* dan *post-test* dilakukan secara *online* dengan pengawasan yang ketat melalui fasilitas *video conference* oleh instruktur.

Pada uji dampak pembelajaran ini, pengukuran efektivitas dilakukan dengan menentukan signifikansi perbedaan antara nilai tes rata-rata kelompok sebelum praktik (*pre-test*) dan setelah praktik (*post-test*) pada setiap sesi menggunakan *t-test*. Kriteria yang digunakan adalah nilai *post-test* dan *pre-test* dinyatakan berbeda secara signifikan apabila nilai *t-test* yang dihasilkan memiliki *error probability* (p) lebih kecil dari 5%.

Berdasarkan data pada lampiran 42 dan tabel 52, dapat disajikan ringkasan hasil analisis menggunakan *t-test* seperti ditunjukkan pada tabel 62 berikut ini.

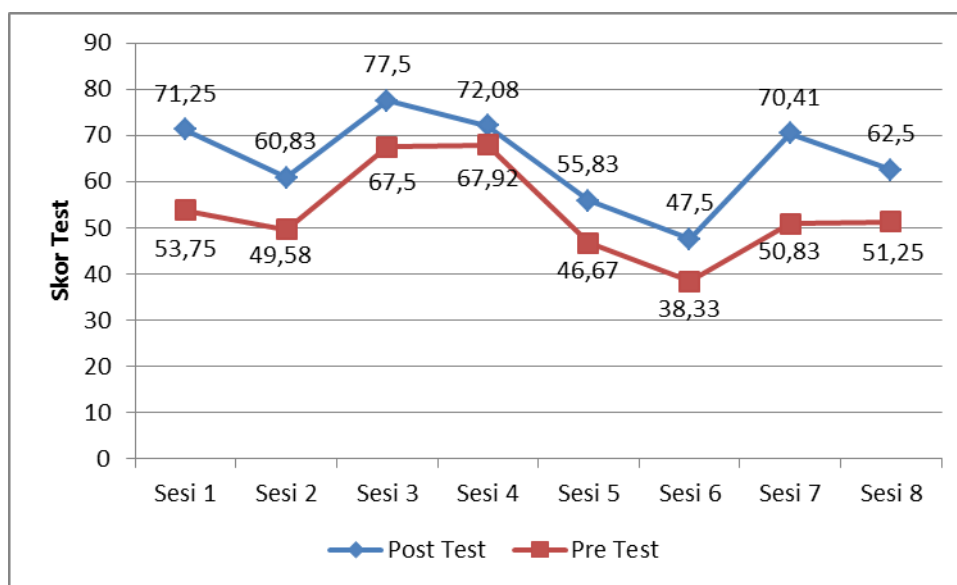
Tabel 62.
Ringkasan Hasil Analisis Dampak Pembelajaran Model Menggunakan *t-test*
Dengan Jumlah Subjek 24 orang

Sesi Praktik	Variabel	Rerata	Standard Deviasi	Beda Rerata	t	p	Signifikansi Perbedaan
I	Post-test 1	71,25	23,831	17,50	3,911	0,001	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test 1	53,75	25,844				
II	Post-test 2	60,83	13,805	11,25	3,576	0,002	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test 2	49,58	12,676				
III	Post-test 3	77,50	14,521	10,00	2,533	0,019	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test 3	67,50	19,393				
IV	Post-test 4	72,08	12,504	4,16	2,095	0,047	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test 4	67,92	13,181				
V	Post-test 5	55,83	16,659	9,16	2,247	0,035	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test 5	46,67	18,805				
VI	Post-test 6	47,50	13,270	9,17	3,817	0,001	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test 6	38,33	10,072				
VII	Post-test 7	70,41	25,449	19,58	3,230	0,004	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test 7	50,83	15,581				
VII	Post-test 8	62,50	16,746	11,25	2,261	0,034	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test 8	51,25	17,770				
Rerata	Post-test	64,74	9,376	11,46	8,857	0,000	Signifikan (p<0,05)
	Pre-test	53,28	8,158				

Berdasarkan tabel 62 di atas, terlihat bahwa untuk setiap sesi praktik, perhitungan nilai t memberikan nilai p di bawah 5%. Hasil ini mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *post-test* dan nilai *pre-test* untuk semua sesi praktik yang diselenggarakan. Dari tabel 62 juga terlihat adanya tanda positif pada seluruh beda rerata antara nilai *post-test* dan *pre-test*, yang berarti terjadi kenaikan nilai rerata secara signifikan pada setiap sesi praktik yang diselenggarakan. Hasil analisis data terhadap nilai rerata secara keseluruhan juga menunjukkan adanya kenaikan nilai secara sangat signifikan sebesar 11,46 poin

akibat adanya pengaruh penerapan model yang dikembangkan pada kegiatan praktik yang diselenggarakan.

Dengan memperhatikan hasil analisis ini, dapat dikemukakan bahwa penggunaan model pembelajaran *online* yang diterapkan pada setiap sesi kegiatan praktik teknik digital, telah terbukti memberikan dampak positif yakni dapat menaikkan pencapaian belajar mahasiswa. Untuk lebih memperjelas adanya dampak yang ditimbulkan dari penerapan model yang dikembangkan, melalui gambar 25 disajikan grafik pengaruh tersebut yang terjadi selama penyelenggaraan sesi-sesi praktik.



Gambar 25.
Grafik Dampak Penerapan Model Terhadap Peningkatan Hasil Belajar

Dari grafik di atas terlihat bahwa pencapaian belajar mahasiswa sebagai akibat pengaruh penerapan model yang dikembangkan sangat fluktuatif. Fluktuasi ini ternyata mengikuti pola kemampuan awalnya yang dapat disebabkan karena tingkat kesulitan dari materi-materi yang dipraktikkan pada setiap sesi berbeda-

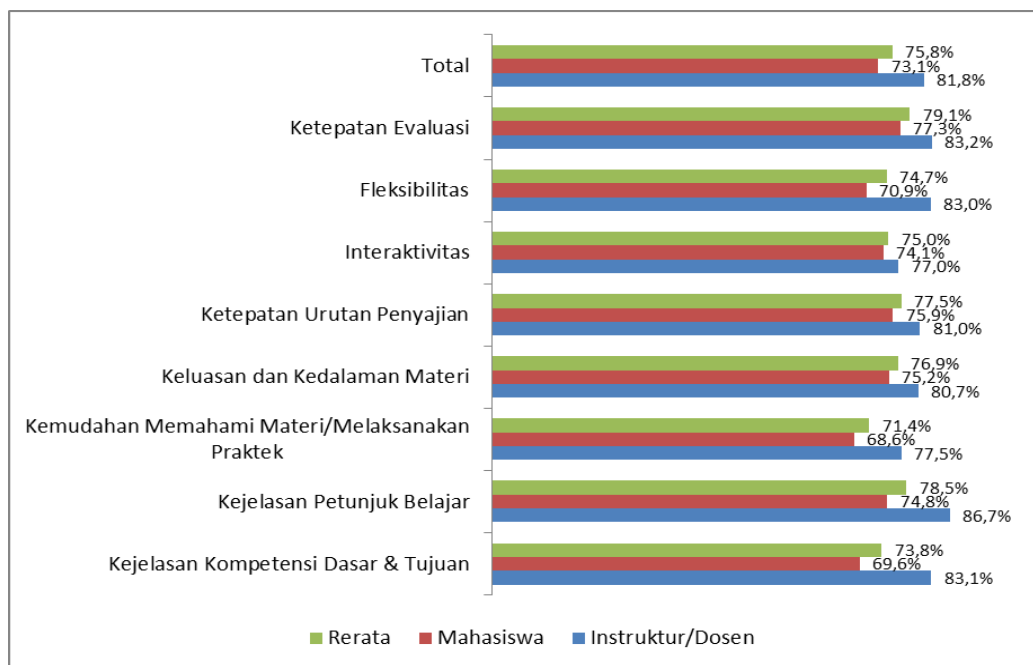
beda. Kurva-kurva pada gambar di atas menunjukkan bahwa pencapaian belajar mahasiswa yang masuk kategori baik terjadi pada sesi ke-1, sesi ke-3, sesi ke-4 dan sesi ke-7, sedangkan pencapaian dengan kategori cukup terjadi pada sesi ke-2, sesi ke-5 dan sesi ke-8. Sesi ke-6 merupakan sesi praktik dengan pencapaian belajar terendah atau masuk dalam kategori jelek. Keadaan ini terjadi karena pada sesi ke-6, mahasiswa memperoleh materi dengan topik flip-flop yang pada umumnya dirasa sebagai materi yang tingkat kesulitannya lebih besar dibandingkan materi pada sesi-sesi sebelumnya. Hal ini wajar, karena pada sesi ke-6 mahasiswa memperoleh materi baru yang merupakan pengantar ke materi logika sekuensial, sedangkan pada lima sesi sebelumnya mahasiswa memperoleh pembelajaran praktik dengan materi logika kombinasi yang proses pemahamannya relatif lebih mudah. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa pencapaian belajar yang masih rendah pada sesi ke-6 ini bukan disebabkan oleh pemberlakuan model, namun lebih dikarenakan sifat materinya yang memiliki tingkat kesulitan lebih besar dibandingkan materi sebelumnya.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan di atas, dapat dikemukakan bahwa implementasi model pembelajaran *online* untuk praktik teknik digital yang dikembangkan pada penelitian ini, dapat memberikan dampak yang positif terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa.

2. Analisis Persepsi Terhadap Produk

Analisis persepsi terhadap produk dibagi menjadi dua bagian yakni analisis persepsi pada aspek instruksional dan tampilan produk. Berdasarkan data yang tersaji pada tabel 53 di atas, dapat digambarkan grafik yang

merepresentasikan persepsi subjek terhadap produk yang dikembangkan pada aspek instruksional seperti ditunjukkan pada gambar 26 berikut ini.



Gambar 26.
Grafik Persepsi Subjek Terhadap Produk Pada Aspek Instruksional

Gambar 26 di atas memperlihatkan bahwa rata-rata subjek memiliki persepsi yang baik yakni sebesar 73,8% terhadap aspek kejelasan kompetensi dasar dan tujuan. Sesuai dengan butir-butir instrumen yang digunakan, hasil ini menunjukkan bahwa model yang dikembangkan telah mencantumkan kompetensi dasar dan tujuan belajar yang harus dicapai oleh mahasiswa, dan dirumuskan secara sederhana, operasional serta menggunakan bahasa yang komunikatif. Dalam kasus ini, subjek juga merasakan bahwa rumusan tujuan belajar yang tercantum dalam model: dapat meningkatkan motivasi dalam mencapainya. menunjukkan tahap-tahap yang jelas menuju pencapaian kompetensi, serta telah diketahui sebelum praktik dilaksanakan.

Dari aspek kejelasan petunjuk belajar, subjek juga memiliki persepsi yang baik pada tingkat rata-rata sebesar 78,5%. Kenyataan ini menunjukkan bahwa petunjuk belajar yang terkandung dalam perangkat model yakni panduan pembelajaran *online*, panduan penggunaan simulator, dan panduan praktik teknik digital mudah dipelajari.

Persepsi yang baik juga diberikan oleh subjek terhadap aspek kemudahan memahami materi atau melaksanakan praktik dengan persentase rerata sebesar 71,4%. Berdasarkan hasil ini, dapat dikemukakan bahwa subjek memandang model yang dikembangkan mengandung materi-materi/kegiatan praktik dengan bahasa yang komunikatif sehingga mudah dipelajari dan mudah dilaksanakan. Subjek juga merasakan memperoleh pengetahuan baru setelah pelaksanaan praktik. Namun, dalam penelitian ini ditemukan mahasiswa masih merasa kesulitan dengan tingkat persepsi sebesar 56% dalam melaksanakan kegiatan praktik *online*. Kesulitan yang timbul sebagian besar disebabkan kendala-kendala yang berhubungan dengan penyediaan infrastruktur internet, seperti keterbatasan *bandwidth* yang tersedia sehingga menjadikan lambatnya akses terhadap data-data yang diperlukan dalam penyelenggaraan praktik *online* ini..

Dengan tingkat persepsi sebesar 76,9% terhadap aspek keluasan dan kedalaman materi, telah menunjukkan bahwa subjek merasakan materi-materi yang terkandung dalam model yang dikembangkan dirasa tidak terlalu sulit, namun juga tidak terlalu mudah dan dalam jangkauan kemampuan subjek. Dalam hal ini subjek telah memberikan persepsi yang positif terhadap aspek keluasan dan kedalaman materi.

Aspek ketepatan penyajian juga dipersepsikan baik oleh subjek dengan tingkat persepsi rerata sebesar 77,5%. Dalam hal ini, subjek merasa bahwa materi-materi yang disediakan telah disajikan secara bertahap dari mudah ke arah yang sulit, dari sederhana ke arah yang lebih rumit, atau dari bersifat konkrit ke abstrak. Subjek juga merasakan penyajian materinya telah dilakukan secara sistematis sehingga mudah dipahami, menarik minat dan perhatian serta mencerminkan hubungan yang erat antar topik praktik.

Selanjutnya, aspek interaktivitas memperoleh derajat persepsi rerata sebesar 75%. Hal ini mengandung makna bahwa subjek merasakan model pembelajaran yang dikembangkan telah menyediakan kelengkapan-kelengkapan yang mampu menumbuhkan kerjasama atau kolaborasi dalam kelompok, dan mampu menciptakan interaksi yang tinggi antar mahasiswa dan perangkat yang tersedia.

Temuan lain dari penelitian ini adalah subjek memandang bahwa pembelajaran *online* yang dilaksanakan telah memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi dari aspek waktu dan tempat praktik. Mahasiswa merasakan bahwa dengan menggunakan model ini, kegiatan praktik dapat dilaksanakan pada sembarang tempat dan sembarang waktu. Subjek juga merasakan praktik *online* ini lebih menyenangkan dibandingkan praktik menggunakan laboratorium real. Subjek telah memberikan persepsi pada aspek fleksibilitas ini pada tingkat baik dengan persentase sebesar 74,7%.

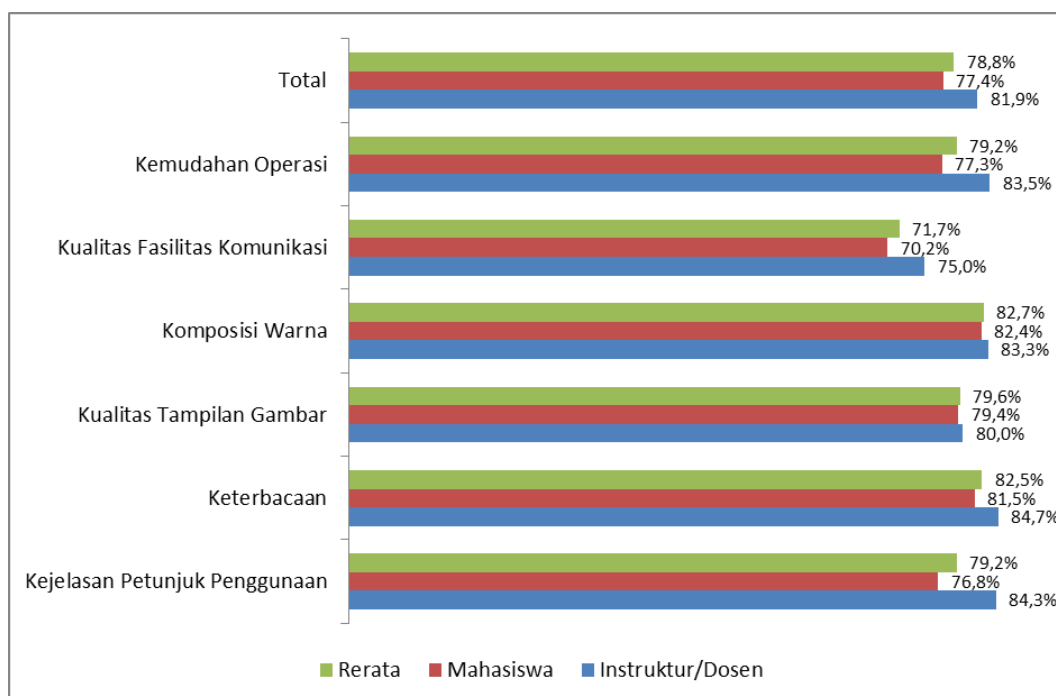
Sedangkan persepsi subjek terhadap aspek ketepatan evaluasi mencapai tingkat baik dengan persentase sebesar 79,1%. Tingkat persepsi ini menunjukkan bahwa model yang diterapkan telah memenuhi kondisi: (1) menyediakan soal-

soal *pre-test* dan *post-test* yang sesuai dengan tujuan pembelajaran pada masing-masing praktik, (2) soal-soal yang disajikan dapat memperkuat penguasaan materi, (3) materi soal-soal sesuai dengan konsep-konsep materi yang diberikan pada kegiatan praktik, (4) soal-soal yang diberikan dapat mendorong mahasiswa berfikir kritis, logis, sistematis dan analitis, dan (5) tingkat kesulitan soal-soal diberikan secara gradual dari mudah ke tingkat yang lebih sulit.

Persepsi terhadap produk ini diberikan oleh subjek yang terdiri dari mahasiswa dan instruktur. Jika dilihat dari skor totalnya, persentase rerata persepsi instruktur terlihat lebih tinggi derajatnya dibandingkan persentase rerata persepsi mahasiswa. Dalam hal ini persentase rerata persepsi instruktur mencapai 81,8% atau masuk dalam kategori sangat baik, sedangkan untuk mahasiswa masuk dalam kategori baik atau dengan nilai sebesar 73,1%. Keadaan ini terjadi karena instruktur telah memperoleh pelatihan yang lebih intensif dibandingkan mahasiswa pada masa persiapan pelaksanaan praktik *online* ini. Selain itu, atas dasar pengamatan yang telah dilakukan, dalam berbagai kegiatan persiapan, dosen pengampu selalu menanamkan rasa tanggung jawab yang besar pada instruktur terhadap keberhasilan pelaksanaan praktik *online* ini. Dengan demikian instruktur merasa harus memiliki pengetahuan dan keterampilan yang lebih baik dibandingkan mahasiswa. Seiring dengan semakin baiknya pengetahuan dan keterampilan instruktur dalam memerankan fungsinya sebagai pemandu praktik *online*, meningkat pula persepinya terhadap aspek instruksional dari produk, sehingga menjadikan tingkat persepsi yang diberikan lebih tinggi dibandingkan tingkat persepsi oleh mahasiswa.

Dengan memperhatikan hasil analisis terhadap komponen-komponen persepsi pada aspek instruksional seperti telah dilakukan di atas, dapat dikemukakan bahwa secara umum subjek telah memberikan persepsi yang positif dengan persentase sebesar 75,8% terhadap aspek instruksional dari produk yang dikembangkan melalui penelitian ini.

Selanjutnya, berdasarkan tabel 54 di atas, dapat disajikan grafik persepsi subjek terhadap aspek tampilan produk seperti pada gambar 27 berikut ini.



Gambar 27.
Grafik Persepsi Subjek Terhadap Aspek Tampilan Produk

Dari gambar 27 terlihat bahwa subjek memberikan persepsi yang baik terhadap aspek kejelasan petunjuk penggunaan dengan tingkat persepsi rerata sebesar 79,2%. Tingkat persepsi ini menggambarkan bahwa dalam pandangan subjek, produk yang dikembangkan telah dilengkapi dengan petunjuk penggunaan yang mudah dipelajari dan mudah dilaksanakan.

Dari grafik di atas juga terlihat bahwa keterbacaan dari produk dipersepsikan sangat baik oleh subjek dengan tingkat persepsi rerata sebesar 82,5%. Keadaan ini menggambarkan bahwa tampilan huruf pada: (1) portal laboratorium virtual sebagai sarana pengelolaan administrasi praktik *online*, (2) program simulator *breadboard* sebagai sarana pengganti alat dan bahan real, maupun (3) program *Team Viewer* sebagai sarana kerja kolaborasi *online*, mudah dibaca sehingga sangat membantu pemahaman mahasiswa.

Kualitas gambar dari produk yang dikembangkan dipersepsikan baik pula oleh subjek. Hal ini dicerminkan oleh nilai tingkat persepsi rerata sebesar 79,6%. Hal ini menandakan bahwa gambar-gambar maupun ilustrasi yang tercantum pada produk khususnya yang disediakan oleh portal laboratorium virtual, program simulator maupun program pendukung kolaborasi *online*, kualitasnya baik sehingga menarik minat dan memotivasi mahasiswa untuk belajar.

Aspek komposisi warna memperoleh persepsi yang sangat baik oleh instruktur maupun mahasiswa dengan tingkat rerata sebesar 82,7%. Hasil ini mengindikasikan bahwa dalam persepsi subjek, komposisi warna pada model dan perangkat-perangkat pendukungnya telah diatur sehingga menghasilkan komposisi yang baik dan enak dipandang.

Pada aspek kualitas komunikasi, dari data kualitatif yang diperoleh beberapa subjek memberikan persepsi yang kurang baik. Hal ini disebabkan, kadangkala subjek mengalami hambatan teknis yang tak terduga seperti keterbatasan kecepatan koneksi internet sehingga kelengkapan-kelengkapan praktik *online* tidak bisa dijalankan secara normal. Namun, secara umum dengan rerata tingkat persepsi sebesar 71,7%, subjek telah memberikan persepsi yang

baik terhadap aspek fasilitas komunikasi yang disediakan oleh produk. Hal ini menandakan bahwa fasilitas-fasilitas komunikasi seperti *chat room*, *video conference*, *voice over IP*, maupun *file transfer* telah dapat digunakan dengan mudah dan lancar dalam mendukung kegiatan praktik *online*.

Sedangkan aspek kemudahan operasi memperoleh tingkat persepsi sebesar 79,2%, yang menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan, dalam persepsi subjek, mudah dalam pengoperasiannya. Kemudahan operasi dari produk ini ditandai oleh hasil penilaian subjek yang menunjukkan menu-menu yang disediakan oleh perangkat-perangkat pembelajaran mudah dikenali, dibaca, dimengerti dan dijalankan.

Dengan memperhatikan hasil analisis terhadap komponen-komponen tampilan produk seperti telah dilakukan di atas, dapat dikemukakan bahwa dalam pandangan subjek yang terdiri atas instruktur dan mahasiswa, produk yang dikembangkan telah memberikan tampilan yang baik dengan tingkat rerata persepsi sebesar 78,8%.

3. Revisi Produk Akhir

Pada tahap uji coba, selain data-data analisis persepsi subjek, diperoleh juga data-data kualitatif berbentuk komentar atau saran-saran perbaikan model baik dari kelompok subjek mahasiswa maupun kelompok subjek instruktur. Berdasarkan identifikasi terhadap data-data kualitatif tersebut, sekalipun hanya kasus, beberapa subjek merasa bahwa kendala utama pelaksanaan pembelajaran praktik *online* ini adalah masalah-masalah yang terkait dengan keterbatasan sarana internet. Subjek menganggap bahwa masalah koneksi internet seperti lambatnya akses data menjadi kendala utama pelaksanaan praktik *online* ini.

Berdasarkan kenyataan ini, terlihat bahwa implementasi mode *online* sinkron untuk mendukung kolaborasi *online* terutama dalam menjalankan simulator, pada beberapa kasus belum berjalan dengan lancar. Oleh sebab itu perlu dilakukan perubahan skenario pembelajaran apabila kondisi-kondisi *online* sinkron tidak terpenuhi. Perbaikan produk dari sisi ini telah dilakukan seperti tercantum pada tabel berikut ini.

Tabel 63.
Revisi Akhir Produk

Nomor	Komentar/Saran	Revisi
1	Perlu kegiatan pengganti untuk situasi-situasi tertentu ketika jaringan internet lambat.	Pada panduan pembelajaran praktik <i>online</i> telah ditambahkan skenario pembelajaran untuk mode <i>online</i> asinkron.
2	Panduan praktik teknik digital kurang rinci sehingga sulit dilaksanakan.	Pada panduan praktik teknik digital telah dilengkapi dengan informasi rujukan yang dapat digunakan dalam penyusunan tugas-tugas praktik.

Dengan disediakannya informasi skenario *online* asinkron, model menjadi lebih fleksibel terutama ketika dalam suatu sesi praktik terjadi masalah-masalah yang menyangkut koneksi internet. Skenario pembelajaran ini akan memberikan kesempatan kepada kelompok praktik untuk mengubah mode kolaborasi yang semula *online* sinkron, yakni menggunakan simulator secara simultan dalam satu waktu, menjadi *online* asinkron yakni dengan tetap melaksanakan praktik secara *online* namun kolaborasinya dilaksanakan secara asinkron. Dalam hal ini mahasiswa melaksanakan praktik menggunakan simulator secara *offline* dan hasilnya dibagi melalui aplikasi *file sharing* pada program pendukung kolaborasi *online Team Viewer*.

Selain masalah yang berhubungan dengan keterbatasan koneksi internet yang tersedia, subjek uji juga mengalami masalah yang terkait dengan implementasi metode inkuiri terbimbing yang diatur dalam buku panduan praktik teknik digital. Pelaksanaan metode inkuiri terbimbing telah menjadikan sifat penyajian panduan praktik sangat umum. Sifat penyajian ini memang merupakan tuntutan dari penggunaan metode inkuiri terbimbing, yang mempersyaratkan mahasiswa dapat menyusun sendiri cara-cara yang digunakan untuk memperoleh data-data yang diperlukan. Dalam hal ini panduan hanya memberikan informasi singkat tentang deskripsi praktik yang diselenggarakan dan tujuan yang ingin dicapai. Untuk dapat mengerjakan tugas-tugas praktik yang tercantum dalam panduan, mahasiswa dituntut melakukan eksplorasi intensif pada berbagai sumber sehingga dirasa sebagai kegiatan yang memberatkan. Dengan memperhatikan persepsi subjek tersebut, panduan praktik teknik digital telah dilengkapi dengan lampiran yang menunjukkan rujukan yang diperlukan untuk mengerjakan tugas-tugas praktik khususnya tugas pendahuluan dan perancangan metode praktik yang diperlukan. Harapannya, dengan revisi ini, nantinya produk yang dikembangkan khususnya panduan praktik teknik digital dengan metode inkuiri terbimbing dapat digunakan secara lebih mudah.

Berdasarkan tahap-tahap penelitian yang telah dilaksanakan, produk yang dikembangkan dalam bentuk model pembelajaran praktik *online* ini telah memenuhi persyaratan kelayakan yang diperlukan sehingga dapat diimplementasikan untuk mendukung penyelenggaraan kegiatan praktik teknik digital di perguruan tinggi.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan Tentang Produk

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dikemukakan di muka, secara umum dapat dinyatakan bahwa produk yang dikembangkan ini sangat layak diimplementasikan untuk mendukung pembelajaran praktik *online* teknik digital di perguruan tinggi. Secara khusus, sesuai dengan pertanyaan-pertanyaan penelitian yang telah disusun, dapat dideskripsikan kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut.

1. Penelitian ini telah menghasilkan sebuah model pembelajaran *online* untuk praktik teknik digital dengan strategi *blended learning* yang fleksibel dengan biaya rendah bagi mahasiswa Program Studi Teknik Elektro dan ilmu-ilmu serumpunnya. Model dilengkapi dengan portal laboratorium virtual berbasis *web* yang menyediakan perangkat-perangkat pendukung praktik dan fungsi manajemen pembelajaran, serta simulator *breadboard* yang menyediakan alat dan bahan virtual untuk praktik teknik digital. Model memiliki keunggulan dapat menciptakan lingkungan kerja kolaborasi secara *online*.
2. Validasi oleh para ahli dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif, ahli bidang studi teknik digital sepakat bahwa model layak diimplementasikan jika: (1) pelaksanaannya memperhatikan karakteristik matakuliah yang dipraktekkan; (2) memiliki perbedaan yang nyata dengan model-model yang ada; dan (3) menyediakan simulasi yang karaktersitiknya mendekati gejala real pada perancangan teknik digital. Dari aspek kualitatif

ini, revisi model yang dilakukan, menghasilkan panduan model yang mendeskripsikan: (1) bahwa implementasi model perlu memperhatikan karakteristik matakuliah yang dipraktekkan; (2) perbedaan model yang dikembangkan dengan model-model yang ada, dan (3) penjelasan tentang kelemahan simulator *breadboard* dibandingkan peralatan real terutama dalam konsep *floating input* untuk piranti-piranti digital. Secara kuantitatif, model telah dinilai berdasarkan lima aspek validasi, yakni: (1) identifikasi masalah yang dilakukan; (2) penentuan jenis produk; (3) tujuan program pengembangan; (4) struktur dan komponen model; serta (5) kelengkapan model. Berdasarkan aspek-aspek tersebut, ahli bidang studi teknik digital memberikan validasi bahwa model sangat layak diimplementasikan dengan persentase konsensus rerata semua aspek mencapai 83,3%.

3. Setelah melakukan penilaian terhadap model yang dikembangkan, ahli pembelajaran *e-learning* secara kualitatif memberikan validasi bahwa model pembelajaran ini layak diimplementasikan jika panduan model mencantumkan secara eksplisit jenis-jenis dan pihak-pihak yang telah menggunakan model sebelumnya. Revisi model berdasarkan validasi kualitatif ini, menghasilkan panduan model yang menguraikan jenis-jenis pembelajaran berbasis simulator yang ada maupun pihak-pihak yang telah menggunakannya. Sedangkan secara kuantitatif, dengan melakukan penilaian model terhadap lima aspek validasi, ahli pembelajaran *e-learning* memberikan persentase konsensus rata-rata terhadap semua aspek validasi sebesar 83,3%, yang berarti bahwa model sangat layak diimplementasikan untuk mendukung kegiatan praktik teknik digital secara *online*.

4. Penilaian secara kualitatif oleh ahli perancangan desain instruksional memberikan hasil bahwa model yang dikembangkan dinyatakan layak diimplementasikan jika hubungan antara model inkuiri terbimbing dengan aktivitas pertemuan lebih diperjelas. Revisi model berdasarkan validasi kualitatif ini menghasilkan paduan model yang mendeskripsikan peran yang lebih eksplisit dari mahasiswa, instruktur dan dosen sehingga pelaksanaan metode inkuiri terbimbing dapat tercermin dengan jelas pada setiap aktivitas praktik yang diselenggarakan. Dari aspek kuantitatif, atas dasar penilaian model terhadap lima aspek validasi, ahli perancangan desain instruksional telah memberikan persentase konsensus rata-rata terhadap semua aspek validasi sebesar 91,7% yang menunjukkan bahwa model dinyatakan sangat layak untuk diimplementasikan.
5. Secara kualitatif, ahli multimedia pembelajaran menyatakan bahwa model yang dikembangkan layak diimplementasikan jika dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari selama syarat pengoperasiannya terpenuhi. Revisi model terhadap hasil validasi kualitatif ini, menghasilkan panduan model yang mencantumkan syarat-syarat pengoperasian model dari aspek infrastruktur informasi, perangkat keras dan perangkat lunak yang harus disediakan maupun kemampuan awal yang harus dikuasai oleh pengguna model yang meliputi dosen pengampu, instruktur dan mahasiswa. Secara kuantitatif, penilaian ahli multimedia pembelajaran terhadap model yang dikembangkan dari lima aspek validasi, menghasilkan persentase konsensus rata-rata sebesar 87,5%, yang menunjukkan produk sangat layak diimplementasikan.
6. Penelitian ini juga menghasilkan perangkat-perangkat pembelajaran pendukung model yang mencakup: portal laboratorium virtual dengan alamat

akses <http://elab.uad.ac.id>, panduan model pembelajaran *online* untuk praktik teknik digital di perguruan tinggi, SAP teknik digital, buku ajar teknik digital, panduan pengoperasian simulator *breadboard*, panduan pembelajaran praktik *online* untuk dosen, instruktur dan mahasiswa, serta panduan praktik teknik digital dengan metode inkuiri terbimbing.

7. Hasil validasi para ahli menyatakan bahwa semua perangkat pembelajaran yang dikembangkan melalui penelitian ini layak digunakan sebagai pendukung implementasi model.
8. Instruktur dan mahasiswa memberikan respons yang positif terhadap produk yang dikembangkan dengan persentase rerata persepsi untuk aspek instruksional sebesar 77,8% dan untuk aspek tampilan produk 78,8%.
9. Melalui penelitian ini juga telah dapat dibuktikan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *post-test* dan *pre-test* pada masing-masing sesi praktik maupun secara keseluruhan, yang menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan telah mampu memberikan dampak peningkatan pencapaian akademik mahasiswa dalam praktik teknik digital.

B. Keterbatasan Penelitian

Walaupun penelitian ini telah dijalankan berdasarkan kaidah-kaidah ilmiah yang memadai, namun dalam pelaksanaannya mengalami beberapa hambatan yang menjadikan munculnya beberapa keterbatasan. Keterbatasan-keterbatasan penelitian ini mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Validasi ahli yang semula direncanakan menggunakan teknik Delphi dengan aktivitas *focus group discussion* (FGD) untuk pengambilan keputusan konsensusnya, karena sulitnya mempertemukan para ahli dalam satu forum,

diubah aktivitasnya dalam bentuk pengisian angket. Namun demikian, dapat dianggap bahwa teknik yang dijalankan telah representatif sebagai cara untuk memperoleh konsensus para ahli terhadap produk yang dikembangkan, mengingat aktivitas pengisian angket telah diikuti dengan kegiatan konsultasi, dialog dan diskusi secara langsung oleh peneliti kepada para ahli untuk menggali saran-saran perbaikan produk.

2. Keterbatasan lainnya adalah penelitian ini tidak melakukan uji lapangan diperluas. Semula direncanakan, setelah uji lapangan terbatas, akan diteruskan dengan uji lapangan diperluas dengan subjek para mahasiswa dan instruktur pada beberapa perguruan tinggi di Daerah Istimewa Yogyakarta. Karena terjadi pergeseran jadwal praktik menjadi lebih awal, di luar perkiraan peneliti, pada masing-masing perguruan tinggi sampel, uji coba hanya dibatasi pada uji lapangan terbatas dengan subjek sebanyak 24 orang mahasiswa program studi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan. Sekalipun demikian, peneliti menganggap bahwa uji coba terbatas ini sudah representatif sebagai cara untuk membuktikan bahwa produk yang dikembangkan telah layak digunakan dalam skala terbatas. Peneliti berkeyakinan pula bahwa produk dapat diterapkan pada subjek yang lebih luas seperti para mahasiswa pada perguruan tinggi lain dengan karakteristik yang sama dengan karakteristik subjek pada uji lapangan terbatas.
3. Pada aktivitas yang bersifat sinkron, yakni pada saat mahasiswa melaksanakan praktik *online*, dosen memang dapat memantau aktivitas mahasiswa, namun program pendukung kolaborasi *online* yang digunakan yakni *remote desktop* dari TeamViewer tidak menyediakan fasilitas

dokumentasi riwayat *login* sehingga dosen tidak dapat memantau secara asinkron aktivitas praktik mahasiswa. Dengan demikian program kolaborasi praktik *online* hanya dapat digunakan untuk kegiatan praktik *online* yang bersifat sinkron saja.

C. Saran Pemanfaatan, Diseminasi, dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Dengan berbagai keterbatasannya, penelitian ini telah menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan berupa model pembelajaran praktik *online* dengan semua perangkat pendukungnya telah layak diimplementasikan dan terbukti memperoleh respons yang positif serta dapat meningkatkan pencapaian akademik mahasiswa. Oleh sebab itu, perlu disarankan kepada para pengelola kegiatan praktik di lingkungan program studi Teknik Elektro dan program studi-program studi serumpunnya agar memanfaatkan produk ini sebagai model pembelajaran praktik Teknik Digital, sehingga praktik dapat diselenggarakan dengan biaya rendah dan fleksibel serta dapat meningkatkan motivasi mahasiswa.

Saran pemanfaatan juga perlu disampaikan kepada para Ketua Program Studi Teknik Elektro atau program studi-program studi serumpunnya agar dapat mendorong para dosennya menggunakan produk ini pada matakuliah lain. Pemanfaatan produk ini untuk mendukung praktik pada matakuliah lain, selain Teknik Digital, tidak memerlukan perubahan-perubahan yang berarti sehingga mudah dilaksanakan. Dalam hal ini, dosen hanya perlu mempersiapkan SAP dan panduan praktik yang terkait dengan mata kuliah yang diselenggarakan praktiknya serta panduan pengoperasian simulator yang digunakan, sedangkan perangkat pembelajaran lainnya relatif sama seperti pada model ini.

Saran juga perlu disampaikan kepada pihak pemerintah khususnya Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Mengingat produk ini dalam implementasinya dapat memberi pilihan selain laboratorium *hands-on*, perlu kiranya BAN-PT mempertimbangkan untuk memberikan pengakuan bahwa penggunaan produk ini oleh suatu program studi, dapat dipandang sebagai salah satu pemenuhan standar akreditasi yang terkait dengan fasilitas laboratorium.

Oleh karena program kolaborasi *online* yang disediakan oleh aplikasi *Team Viewer* tidak menyediakan fasilitas dokumentasi riwayat *login* yang menyebabkan dosen tidak dapat memantau secara asinkron aktivitas praktik mahasiswa, maka disarankan pengembangan model ini pada masa-masa yang akan datang perlu memperhatikan tersedianya fasilitas riwayat *login* penggunaannya. Langkah pengembangan ini dapat ditempuh dengan cara melengkapi dan mengaktifkan modul *opendesktop* yang terdapat pada program LMS *Moodle*.

Produk yang dikembangkan ini telah diseminasikan kepada berbagai pihak. Selain menggunakan nama model pembelajaran praktik *online*, produk hasil pengembangan ini dalam diseminasinya sering menggunakan nama laboratorium *virtual*. Penggunaan nama laboratorium virtual untuk menggantikan nama produk ini, semata-mata hanya untuk memberikan kemudahan dalam pengucapan dan memberikan nuansa keunikan sehingga dapat menarik perhatian pihak-pihak yang menjadi sasaran diseminasi. Pertimbangan lain karena produk yang dikembangkan pada dasarnya memang merupakan implementasi dari laboratorium *virtual*. Secara umum, diseminasi telah dilakukan melalui konferensi dan seminar dengan penyampaian *paper* di hadapan akademisi dan para dosen

serta pengelola kegiatan praktik di lingkungan Program Studi Teknik Elektro/program studi serumpun, artikel populer di media masa serta berita-berita pada media surat kabar harian maupun televisi. Tabel berikut ini menunjukkan rincian kegiatan diseminasi produk akhir yang telah dilaksanakan.

Tabel 64.
Diseminasi Produk Akhir Model Pembelajaran Praktik *Online*

Nama Media/Forum dan tanggal	Judul Paper/Berita
<i>International Conference on Culture, Communication and Multimedia Technology 2012, 1 Desember 2012</i>	<i>Online Learning Model Based on Multimedia Technology for Practical Work in Higher Education</i>
Seminar Lokal, 8 Desember 2012	Pengembangan Laboratorium Virtual di Lingkungan Perguruan Tinggi Teknik
Republika <i>Online</i> , 8 Desember 2012	UAD akan Kembangkan Laboratorium Virtual
Bernas, 10 Desember 2012	Hemat Biaya Operasional Kampus, Laboratorium Virtual Sering Tak Diakui
Suara Merdeka, 10 Desember 2012	UAD Kembangkan Laboratorium Virtual, Hemat Biaya Praktikum
Jawa Pos, 10 Desember	Dirikan Laboratorium Virtual, Atasi Mahalnya Biaya Praktik Mahasiswa
Kedaulatan Rakyat, 10 Desember 2012	Laboratorium Virtual, Terobosan UAD
Suara Merdeka, 15 Desember 2012	Mengembangkan Laboratorium Virtual di PT
Jogja TV, AdiTV, 9 Desember 2012	Pengembangan Laboratorium Virtual

Produk ini akan dikembangkan lebih lanjut menjadi pusat layanan praktik *online* untuk semua matakuliah yang dapat diakses oleh semua perguruan tinggi. Selain menyediakan fasilitas praktik *online* menggunakan laboratorium *virtual*, portal dalam produk ini akan dikembangkan agar dapat memberikan layanan penyediaan praktik menggunakan *remote laboratory*. Dengan menggunakan portal laboratorium *virtual* yang akan dikembangkan ini, nantinya praktik dapat diselenggarakan dengan biaya murah, fleksibel dan dapat mencakup jumlah mata kuliah, jumlah peserta serta area yang sangat luas.

DAFTAR PUSTAKA

- ABET. (2010). *Criteria for accrediting engineering technology programs*. Baltimore: ABET, Inc.
- Adhi Susanto. (2004). Teknik elektro dan kaitannya dengan bidang-bidang lain. Dalam Sukandarrumidi, et al., *Kumpulan Pidato Pengukuhan Guru Besar Universitas Gadjah Mada Ilmu-ilmu MIPA dan Ilmu-ilmu Teknik* (pp. 457-488). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Alessi, S. M. & Trollip, S. R. (2001). *Multimedia for learning: Methods and development*. Boston: Allyn and Bacon.
- Anderson, T. (2008). *The theory and practice of online learning*. Edmonton: Athabasca University Press.
- Babich, A. & Mavrommatis, K. (Juni 2004). *Virtual laboratory concept for engineering education*. Makalah disajikan dalam International Conference on Engineering Education and Research "Progress Through Partnership", di Universitas Teknik Ostrava, Republik Czech.
- Bailey, C. & Freeman, M. J. (2010). A java bread-board simulator: Digital circuit simulation with an open-source toolset. *IADIS International Journal on Computer Science and Information System*, 55/1, 13-25.
- Bambang Anggoro, et al. (2004). *Standar minimum laboratorium program sarjana teknik elektro*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Akademik dan Kemahasiswaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi DEPDIKNAS.
- BAN-PT. (2008). *Akreditasi program studi sarjana: Buku IIIa borang akreditasi yang diisi oleh program studi*. Jakarta: KEMDIKNAS BAN-PT.
- BAN-PT. (2011). *Direktori sk hasil akreditasi program studi*. Diambil pada tanggal 7 Maret 2011, dari <http://ban-pt.depdiknas.go.id/direktori.php>.
- Bardeen, et. al. (2006). The quarknet/grid collaborative learning e-lab. *Future Generation Computer System*, 22/6, 700–708.
- Bates, A. W., & Poole, G. (2003). *Effective teaching with technology in higher education*. San Francisco: John Wiley and Sons, Inc.
- Benmohamed, H., Lelevé, A. & Prévot, P. (Juli 2005). *Generic framework for remote laboratory integration*. Makalah disajikan dalam ITHET 6th Annual International Conference, di Juan Dolio, Republik Dominika.

- Betrus, A. K. (2008). Resources. Dalam A. Januszewski & M. Molenda (Eds.), *Educational Technology: A Definition with Commentary* (pp. 213-240). New York: Taylor & Francis Group, LLC.
- Board on Engineering Education. (1995). *Engineering education: Designing an adaptive system*. Washington: National Academy Press.
- Bolliger, D. U. (2006). Creating constructivist learning environment. Dalam M. Orey, V. J. McClendon & R. M. Branch (Eds.), *Educational Media and Technology Yearbook* (pp. 119-126). Westport: Libraries Unlimited.
- Borg, W. R. & Gall, M. D. (1983). *Educational research: An introduction*. New York: Longman.
- Boud, D., & Solomon, N. (2003). *Work-based learning a new higher education*. Buckingham: SRHE and Open University Press.
- Branch, R. M. & Deissler, C. H. (2008). Processes. Dalam A. Januszewski & M. Molenda (Eds.), *Educational Technology: A Definition with Commentary* (pp. 195-211). New York: Taylor & Francis Group, LLC.
- Brown, J., Bull, J. & Pendlebury, M. (1997). *Assessing student learning in higher education*. New York: Routledge.
- Brownlow, M. (2011). Email and webmail statistics. *Email Marketing Report*. Diambil pada 11 Agustus 2011 dari <http://www.email-marketing-reports.com/metrics/email-statistics.htm>.
- Budhu, M. (Agustus 2002). *Virtual laboratories for engineering education*. Makalah disajikan dalam International Conference on Engineering Education, di Manchester, Inggris.
- Calamia, J. (2011). HD radio: The end of analog. *IEEE Spectrum*, 48/1, 40.
- Candelas, F. A., et al. (Juni 2006). *Including the virtual laboratory concept in an on-line collaborative environment*. Makalah disajikan dalam 7th IFAC Symposium on Advances in Control Education, di Escuela Politécnica Superior de Ingenieros Industriales, Spanyol.
- Carnoy, M. (Juli 2005). *Globalization, educational trends and the open society*. Makalah disajikan dalam OSI (Open Society Institute) Education Conference 2005: Education and Open Society: A Critical Look at New Perspectives and Demands, di Budapest, Hongaria.

- Chen, X., Song, G. & Zhang, Y. (Maret 2010). *Virtual and remote laboratory development: A review*. Makalah disajikan dalam seminar Earth and Space 2010: Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments, di Honolulu, Hawaii.
- Cheng, Y. C. (2005). *New paradigm for re-engineering education: Globalization, localization and individualization*. Dordrecht: Springer.
- Cisco Systems, Inc. (2003). *Internetworking technologies handbook*, (4th ed.). Indianapolis: Cisco Press.
- Colace, F., De Santo, M. , & Pietrosanto, A. (Oktober 2004). *Virtual lab for electronic engineering curricula*. Makalah disajikan dalam seminar ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference di Savannah, Amerika Serikat.
- Corter, J. E., et al. (2007). Constructing reality: A study of remote, hands-on, and simulated laboratories. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 14/2, 7-27.
- Courtois J. (1993). SIAM: A knowledge-based system for practical work. Dalam *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Learning Electricity and Electronics With Advanced Educational Technology* (pp. 275-289). Berlin: Springer Verlag.
- Crawley, E., et al. (2007). *Rethinking engineering education: The cdio approach*. New York: Springer.
- Dabbagh, N. (2005). Pedagogical models for e-learning: A theory-based design framework. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 1/1, 25-44.
- DEPDIKBUD. (1999). *Peraturan Pemerintah Nomor 60, Tahun 1999, tentang Pendidikan Tinggi*.
- DEPDIKNAS. (2000). *Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 232 Tahun 2000 Tentang Pedoman Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi dan Pedoman Penilaian Hasil Belajar Mahasiswa*.
- DEPDIKNAS. (2001). *Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 108/Dikti/Kep/2001 Tentang Pedoman Pembukaan Program Studi dan/atau Jurusan Berdasarkan Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 234/U/2000 Tentang Pendirian Perguruan Tinggi*.

- DEPDIKNAS. (2002). *Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 045 Tahun 2002 Tentang Kurikulum Inti Pendidikan Tinggi*.
- DEPDIKNAS. (2002). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18, Tahun 2002, tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*.
- DEPDIKNAS. (2003). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20, Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional*.
- DEPDIKNAS. (2005). *Peraturan Pemerintah Nomor 19, Tahun 2005, tentang Standar Nasional Pendidikan*.
- DEPDIKNAS. (2005). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14, Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen*.
- DEPDIKNAS. (2008). *Sistem penjaminan mutu perguruan tinggi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi DEPDIKNAS.
- Dodi Tisna Amidjaja. (2007). Dampak perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terhadap sistem pendidikan. Dalam C. R. Semiawan dan Soedijarto (Ed.), *Mencari Strategi Pengembangan Pendidikan Nasional Menjelang Abad XXI* (pp. 36-60). Jakarta: PT. Gramedia.
- Doolittle, P. E. & Camp, W. G. (1999). Constructivism: The career and technical education perspective. *Journal of Vocational and Technical Education, Volume 16, Number 1*. Diambil pada tanggal 10 September 2011 dari <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JVTE/v16n1/doolittle.html>.
- Drigas, A. S., et al. (Desember 2005). *Virtual lab and e-learning system for renewable energy sources*. Makalah disajikan dalam WSEAS International Multiconference, di Tenerife, Canary Islands, Spanyol.
- Driscoll, M. P. (2005). *Psychology of learning for instruction*. Boston: Allyn & Bacon.
- Elawady, Y. H. & Tolba, A. S. (2009). Educational objectives of different laboratory types: A comparative study. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 6/2, 89-96.
- Freeman, M. (2010). *Getting started with java bread board in windows*. York: The University of York.
- Geer, S. (2003). *Essential internet*. London: The Economist Newspaper Ltd.

- Goodwin, G. C., et al. (2011). Emulation-based virtual laboratories: a low-cost alternative to physical experiments in control engineering education. *IEEE Transaction on Education*, 54/1, 48-55.
- Graham, C. R. (2006). Blended learning systems: definition, current trends, and future directions. Dalam C. J. Bonk & C. R. Graham (Eds.), *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs* (pp-3-21). San Francisco: John Wiley & Sons, Inc.
- Green, L. (2010). *The internet: an introduction to new media*. New York: Oxford International Publishers Ltd.
- Griffin, D. R. (2005). *Visi-visi postmodern: spiritualitas dan masyarakat*. (Terjemahan A. Gunawan Admiranto). Albany: State University of New York Press. (Buku asli diterbitkan tahun 1988).
- Harrington, J. L. (2007). *Ethernet networking for the small office and professional home office*. Burlington: Elsevier Inc.
- Hasibuan, Z. A. (September 2006). *Integrasi aspek pedagogi dan teknologi dalam e-learning: studi kasus pengembangan e-learning di fakultas ilmu komputer universitas indonesia*. Makalah disajikan dalam Konvensyen Teknologi Pendidikan ke-19, di Lengkawi, Kedah, Malaysia
- Hassan, R., et. al. (2010). DigiLab: A Virtual Lab for IT Students. *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, 7/5, 151-160.
- Held, G. (2003). *Ethernet networks: design, implementation, organization and management*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Horton, W. (2006). *E-learning by design*. San Francisco: John Wiley & Sons, Inc.
- Hu, J., Cordel, D. & Meinel, C. (Oktober 2004). *A virtual laboratory for it security education*. Makalah disajikan dalam Conference on Information Systems in E-Business and E-Government (EMISA), di Luxembourg.
- Huhman, H. (2009). *10 workplace trends for 2010*. *Examiner.Com*. Diambil pada tanggal 2 Mei 2011, dari <http://www.examiner.com/entry-level-careers-in-national/10-workplace-trends-for-2010>.
- Internet World Stats. (2011). Internet usage statistics, the internet big picture, world internet users and population stats.. Diambil pada tanggal 11 Agustus 2011 dari, <http://www.internetworldstats.com/ stats.htm>.
- Irwin, J. D. & Kerns, D. V., Jr. (1995). *Introduction to electrical engineering*. Saddle River: Prentice Hall.

- Jonassen, D., Cernusca, D. & Ionas, G. (2007). Constructivism and instructional design: The emergence of the learning sciences and design research. Dalam R. A. Reiser & J. V. Dempsey, *Trends and Issues in Instructional Design and Technology* (pp. 45-52). Saddle River: Pearson.
- Jones, W. D. (2011). Flat-panel TVs. *IEEE Spectrum*, 48/1, 49.
- Joyce, B., Weil, M. & Calhoun, E. (2008). *Models of teaching*. New York: Allyn and Bacon Publishers.
- Kantzavelou, I. (2005). A virtual lab model for an introductory computer science course. *Facta Universitatis (Nis), Ser.: Elec. Energ.*, 18/2, 263-274.
- Kask, K. (2009). *A study of science teacher development towards open inquiry teaching through an intervention programme*. Disertasi doktor, tidak diterbitkan, Universitas Tartu, Estonia.
- KEMDIKNAS. (2010). *Jumlah tenaga edukatif menurut status kepegawaian dan pendidikan tertinggi tiap provinsi*. Diambil pada tanggal 3 Maret 2013, dari http://www.psp.kemdiknas.go.id/uploads/Statistik%20Pendidikan/0910/index_pt%281%29_0910.pdf.
- KEMDIKNAS. (2010a). *Rencana strategis 2010-2014*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional RI.
- KEMDIKNAS. (2010b). *Pedoman umum pemilihan laboran berprestasi tahun 2010*. Jakarta: Direktorat Akademik Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi KEMDIKNAS.
- Ko, C. C., et al. (2001). Development of a web-based laboratory for control experiments on a coupled tank apparatus. *IEEE Transactions on Education*, 44/1, 76-86.
- Kozma, R. B., Belle, L. W., & Williams, G. W. (1978). *Instructional techniques in higher education*. Englewood Cliffs: Educational Technology Publications, Inc.
- Krivickas, R. V. & Krivickas, J. (2006). Laboratory instruction in engineering education. *Global Journal of Engineering Education*, 11/2, 191-196.
- Lang, D., et al. (Oktober 2004). *Pedagogical evaluation of remote laboratories in emerge project*. Makalah disajikan dalam International Conference on Engineering Education, di Gainesville, Florida.
- Lee, W. W. & Owens, D. L. (2004). *Multimedia-based instructional design* (2nd ed.). San Francisco: John Wiley & Sons, Inc.

- Light, Cox & Calkins. (2009). *Learning and teaching in higher education*. London: SAGE Publications Ltd.
- Lin, P.I.H. & Lin, M. (Juli 2005). *Design and implementation of an internet-based virtual lab system for elearning support*. Makalah disajikan dalam 5th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), di Kaohsiung, Taiwan.
- Lustigova, Z. & Lustig, F. (2009). A new virtual and remote experimental and environment for teaching and learning science. Dalam A. Tatnall & A. Jones (Eds.), *Education and Technology for a Better World, 9th IFIP TC 3 World Conference on Computers in Education*, (pp. 75-82). New York: Springer.
- Ma, J. & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, 38/3, 1-24.
- Macias, M. E., & Mendez, I. (Oktober 2007). *Elab-remote electronics lab in real time*. Makalah disajikan pada ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, di Milwaukee.
- Maillardet, F. (2004). What outcome is engineering education trying to achieve. Dalam C. Baillie & I. Moore (Eds.), *Effective Learning and Teaching in Engineering* (pp. 27-35). New York: Routledge Farmer.
- Mason, R. & Rennie, F. (2006). *Elearning: The key concepts*. New York: Routledge.
- Mateev, V., Todorova, S. & Smrikarov, A. (Juni 2007). *Test system in digital logic design virtual laboratory tasks delivery*. Makalah disajikan pada International Conference on Computer Systems and Technologies, CompSysTech 2007, di Rouse, Bulgaria.
- McCutcheon, G. (1995). Curriculum Theory and Practice for the 1990s. Dalam Allan C. Ornstein & Linda S. Behar (Eds.), *Phylosophy as a Basis for Curriculum Decisions* (pp. 3-17). Needham: Allyn and Bacon.
- McQuerry, S. (2008). *Interconnecting cisco network devices, part 1 (icnd1)*. Indianapolis: Cisco Press.
- Merriam-Webster, Inc. 1988. *Merriam webster's collegiate theasurus*. Springfield: Merriam-Webtser Incorporated.
- Millar, R. (Februari 2001). *Teaching and learning science through practical work*. Makalah disajikan dalam seminar Nordlab-DK, di Copenhagen.

- Millar, R., Tiberghien, A., & Marechal, J. F. L. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. Dalam D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 9-20). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Molenda, M. & Boling, E. Creating. (2008). Dalam A. Januszewski & M. Molenda (Eds.), *Educational Technology: A Definition with Commentary* (pp. 81-139). New York: Taylor & Francis Group, LLC.
- Moore, S. K. (2011). Multicore CPUs. *IEEE Spectrum*, 48/1, 36-38.
- Naidu, S. (2006). *E-learning: A guidebook of principles, procedures and practices* (2nd). New Delhi: Commonwealth Educational Media Center for Asia (CEMCA).
- Oblinger, D. G., Baron, C. A. & Hawkins, B. L. (2001). *Distributed education and its challenges: An overview*. Washington: American Council on Education.
- Odom, S. & Nottingham, H. (2001). *Cisco switching black book*. Scottsdale: The Coriolis Group.
- Patel, P. (2011). Transistors go 3-D. *IEEE Spectrum*, 48/6, 10.
- Pickett, J. P. et al. (2000). *The American Heritage Dictionary of the English Language* (4th ed.). Boston: Houghton Mifflin Company.
- Pusat Statistik Pendidikan. (2010). *Angka partisipasi kasar (apk) perguruan tinggi menurut propinsi tahun 2009/2010*. Diambil pada tanggal 28 Februari 2011, dari http://www.psp.kemdiknas.go.id/uploads/Publikasi Pendidikan/apk - apm/apk_pt.19-24_0910.pdf
- Radu, T. (2010). Virtual and remote control lab experiment using matlab. *Annals of the Oradea University. Fascicle of Management and Technological Engineering*, 9/19, 78-81.
- Robertson, R. (2000). *Globalization: Social theory and global culture*. London: SAGE Publications Ltd.
- Robinson, R., Molenda, M. & Rezabek, L. (2008). Facilitating learning. Dalam A. Januszewski & M. Molenda (Eds.), *Educational Technology: A Definition with Commentary* (pp. 15-48). New York: Taylor & Francis Group, LLC.
- Ross, P. E. (2011). Top 11 Technologies of the decade. *IEEE Spectrum*, 48/1, 23.

- Saleh, K. F., Mohamed, A. M., & Madkour, H. (2009). Developing virtual laboratories environments for engineering education. *International Journal of Arts and Sciences*, 3/1, 9-17.
- Savage, N. (2010). Z-RAM takes on DRAM. *IEEE Spectrum*, 47/7, 14.
- Shank, P. (2007). Design strategies for online and blended learning. Dalam B. Brandon (Ed.), *Handbook of e-Learning Strategy* (pp. 27-42). Santa Rosa: The eLearning Guild.
- Shinde, S. S. (2009). *Computer network*. New Delhi: New Age International (P) Limited Publishers.
- Shokri, A. & Faraahi, A. (2010). Designing of virtual laboratories based on extended event driving simulation method. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 68, 1357-1359.
- Smaldino, S. E., Lowther, D. L. & Russel, J. D. (2008). *Instructional technology and media for learning (9th ed.)*. Saddle River: Pearson Education, Inc.
- Sonhadji, A. (September 2002). *Laboratorium sebagai basis pendidikan teknik di perguruan tinggi*. Pidato Pengukuhan Guru Besar Dalam Bidang Ilmu Manajemen Pendidikan dan Pelatihan Teknik pada Fakultas Teknik, disampaikan pada Sidang Terbuka Senat Universitas Negeri Malang.
- Suharsimi Arikunto. (2008). *Evaluasi program pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sunal, D. W., Wright, E. L., & Sundberg, C. (2008). *The impact of the laboratory and technology on learning and teaching science k-16*. Charlotte: Information Age Publishing, Inc.
- Sutherland, K. (2000). *Understanding the internet: A clear guide to internet technologies*. Woburn: Butterworth-Heinemann.
- Taylor, I. J. (2005). *Computer communications and networks: From p2p to web services and grids*. London: Springer-Verlag Limited.
- Trulove, J. (2006). *LAN wiring (3th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Tullao, T. S., Jr. (2003). Higher education and globalization: An integrative report. Dalam *Education and Globalization* (pp. 1-16). Makati City, Philippines: The Philippine APEC Study Center Network (PASCN) and the Philippine Institute for Development Studies (PIDS).
- Tuwoso. (2011). *Pengembangan model pembelajaran fisika di smk dengan pendekatan konstruktivistik*. Disertasi doktor, tidak diterbitkan, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

- Tzafestas, C. S., Palaiologou, N. & Alifragis, M. (2006). Virtual and remote robotic laboratory: Comparative experimental evaluation. *IEEE Transactions on Education*, 49/3, 360-369.
- UNDP (2010). *Human development report 2010*. New York: Palgrave Macmillan.
- Universitas Indonesia. (2007). *Pedoman penjaminan mutu penyelenggaraan e-learning*. Jakarta: Badan Penjaminan Mutu Akademik Universitas Indonesia.
- Van der Molen, H.J. (1996). Creation, transfer, and application of knowledge through the higher education system. Dalam A. Burgen (Ed.), *Goal and Purposes of Higher Education in the 21st Century* (pp-13-23). London: Jessica Kingsley Publishers Ltd.
- Wallace, C. S., Tsoi, M. Y., Calcin, J., & Darley, M. (2003). Learning from inquiry-based laboratories in nonmajor biology: An interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth. *Journal of Research in Science Teaching*, 40/10, 986–1024.
- Westwood, P. (2008). *What teachers need to know about teaching methods*. Camberwell: ACER Press.
- Wolf, T. (2010). Assessing student learning in a virtual laboratory environment. *IEEE Transactions on Education*, 53/2, 216-222.
- World Economic Forum. (2013). *The global competitiveness report 2012–2013*. Geneva, Switzerland: The World Economic Forum and The Centre for Global Competitiveness and Performance.
- Wood, J.C.M. (2008). *The impact of globalization on education reform: A case study of uganda*. Disertasi doktor, tidak diterbitkan, University of Maryland, College Park.
- Yadav, S. C. & Singh, S. K. (2009). *An introduction to client/server computing*. New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers.
- Yayla, A. & Akar, A. (2007). Web based real time laboratory applications of analog and digital communication courses with labview access. *International Journal of Social Sciences*, 1/4, 254-258.
- Zalewski, J. (2008). Web-based laboratories: How does that affect pedagogy? Thoughts for a panel discussion. *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology*, 3, 761 –762.

Lampiran 1 Instrumen Penilaian Ahli Terhadap Model

INSTRUMEN PENILAIAN AHLI TERHADAP MODEL PEMBELAJARAN PRAKTIK ONLINE TEKNIK DIGITAL DI PERGURUAN TINGGI DENGAN PENDEKATAN KOLABORASI

Nama Ahli :

Jabatan Akademik/Pangkat :

Institusi :

Keahlian : ☐Bidang Studi ☐Desain Instruksional
☐Pembelajaran E-Learning ☐Multimedia Pembelajaran

Petunjuk Penilaian:

Penilaian dilakukan dengan cara (1) memberi tanda silang (X) pada skor yang tersedia di setiap komponen, (2) memberikan komentar/saran pada setiap komponen dan koreksi redaksional pada buku panduan model, serta (3) saran dan perbaikan model secara keseluruhan.

Pemberian skor dilakukan dengan kriteria:

1. Tidak tepat/tidak sesuai/tidak lengkap/tidak baik
2. Kurang tepat/kurang sesuai/kurang lengkap/kurang baik
3. Tepat/sesuai/lengkap/baik
4. Sangat tepat/sangat sesuai/sangat lengkap/sangat baik

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Identifikasi Masalah	Masalah-masalah yang ada merupakan tuntutan terhadap kebutuhan dunia pendidikan	1	2	3	4	
	Identifikasi masalah berdasarkan tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta dinamika dunia kerja	1	2	3	4	
	Masalah-masalah yang muncul digali berdasarkan survei lapangan terhadap kebutuhan calon pengguna model	1	2	3	4	
	Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan tuntutan perbaikan efisiensi dan efektivitas proses pendidikan/pembelajaran	1	2	3	4	
	Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan analisis kebutuhan yang komprehensif	1	2	3	4	
	Masalah-masalah yang ditemukan menarik dan penting untuk diselesaikan	1	2	3	4	

Penentuan Jenis Produk	Penentuan jenis produk yang dikembangkan merupakan prioritas penyelesaian masalah	1	2	3	4	
	Jenis produk yang dikembangkan dapat memberikan sumbangan dan memenuhi kebutuhan bagi dunia pendidikan	1	2	3	4	
	Pengembangan produk adalah solusi yang tepat untuk menyelesaikan masalah	1	2	3	4	
	Produk yang dikembangkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas penyelenggaraan pendidikan	1	2	3	4	
	Pengembangan produk dalam jangkauan kemampuan peneliti dari segi tenaga, pikiran, biaya dan waktu	1	2	3	4	
	Jenis produk yang dihasilkan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari	1	2	3	4	

Tujuan Program	Rumusan tujuan pengembangan produk mencerminkan usaha penyelesaian masalah yang menjadi prioritas untuk diselesaikan	1	2	3	4	
	Rumusan tujuan pengembangan produk telah mengarah kepada usaha peningkatan efisiensi dan efektivitas penyelenggaraan pendidikan	1	2	3	4	
Struktur dan Komponen Model	Model digambarkan dalam bentuk struktur yang mengandung komponen-komponen	1	2	3	4	
	Penggambaran struktur model merupakan pengembangan dari model yang sudah ada	1	2	3	4	
	Pengembangan model menghasilkan model baru yang berbeda dari model-model yang telah ada	1	2	3	4	
	Relasi antar komponen model digambarkan secara jelas	1	2	3	4	
	Model mengandung <i>setting</i> yang jelas dan tepat	1	2	3	4	
	Model mengandung <i>syntax</i> yang mampu mendukung pencapaian standar kompetensi	1	2	3	4	
	<i>Syntax</i> model sesuai dengan metode dan pendekatan pembelajaran yang digunakan	1	2	3	4	
	<i>Syntax</i> model dapat dilaksanakan dengan mudah	1	2	3	4	

Kelengkapan Model	Kelengkapan model tersedia dalam bentuk perangkat pembelajaran dan dalam jenis yang memadai	1	2	3	4	
	Perangkat pembelajaran yang disediakan mudah dipahami dan mudah dilaksanakan	1	2	3	4	
	Perangkat pembelajaran yang disediakan dapat membantu kelancaran implementasi model	1	2	3	4	

Koreksi Redaksional:

1. Kesalahan ketik atau penulisan istilah yang tidak sesuai pada panduan model ini adalah:

Halaman	Tertulis	Seharusnya

2. Bagian-bagian dari panduan model yang seharusnya diperbaiki, ditambah, diganti atau dibuang adalah:

Halaman	Tentang	Saran

3. Saran perbaikan secara umum terhadap model:

Yogyakarta, 2012
 Penilai Ahli,

.....

**INSTRUMEN PENILAIAN AHLI
TERHADAP SATUAN ACARA PERKULIAHAN/PRAKTIK (SAP) TEKNIK DIGITAL
SEBAGAI PERANGKAT PEMBELAJARAN PRAKTIK *ONLINE*
DI PERGURUAN TINGGI DENGAN PENDEKATAN KOLABORASI**

Petunjuk Penilaian:

Pemberian skor dilakukan dengan kriteria:

- | Komponen | Kriteria | Skor | | | | Komentar/Saran |
|--|---|------|---|---|---|----------------|
| Identitas Mata Kuliah/Praktik | Mencantumkan nama dan kode mata kuliah dengan jelas | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Mencantumkan semester dengan jelas | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Mencantumkan bobot mata kuliah dengan tepat dan jelas | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Mengalokasikan waktu kegiatan kuliah dan praktik per minggu secara tepat dan jelas | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Memberikan deskripsi mata kuliah secara runtut dan jelas | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Kompetensi Dasar dan Indikator Hasil Belajar | Mencantumkan standar kompetensi yang akan dicapai | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Rumusan standar kompetensi mencerminkan pencapaian akademik terhadap isi/materi mata kuliah | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Mencantumkan kompetensi dasar pada setiap pertemuan | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Rumusan kompetensi dasar mendukung pencapaian standar kompetensi | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Indikator hasil belajar pada setiap pertemuan telah dirumuskan secara operasional | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Rumusan indikator hasil belajar mendukung pencapaian kompetensi dasar | 1 | 2 | 3 | 4 | |

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Materi	Susunan materi setiap pertemuan mencerminkan aspek-aspek dari mata kuliah Teknik Digital	1	2	3	4	
	Materi kuliah setiap pertemuan mendukung pencapaian kompetensi dasar	1	2	3	4	
	Urut-urutan materinya sesuai dengan tahap pencapaian kompetensi yang diinginkan	1	2	3	4	
	Materinya sesuai dengan alokasi waktu yang disediakan	1	2	3	4	
	Seluruh materinya mendukung pencapaian standar kompetensi	1	2	3	4	
Aktivitas Mahasiswa Dalam Pembelajaran	Menempatkan mahasiswa sebagai subjek pembelajaran	1	2	3	4	
	Mahasiswa termotivasi dan aktif dalam pembelajaran	1	2	3	4	
	Menciptakan interaksi antar mahasiswa dalam pembelajaran	1	2	3	4	
Aktivitas Dosen Dalam Pembelajaran	Menempatkan dosen sebagai fasilitator dalam pembelajaran	1	2	3	4	
	Menggunakan metode dan media yang dapat memotivasi dan mendorong mahasiswa aktif dalam pembelajaran	1	2	3	4	
	Mengorganisir mahasiswa agar aktif bekerja secara berkelompok	1	2	3	4	
Penilaian Pembelajaran	Menggunakan cara penilaian yang mudah dilaksanakan	1	2	3	4	
	Level taksonomi penilaian sesuai dengan karakteristik mahasiswa	1	2	3	4	
	Bobot penilaian pada masing-masing aspek telah ditentukan secara proporsional	1	2	3	4	
	Sistem penilaian yang digunakan dapat mengukur pencapaian standar kompetensi yang ditentukan	1	2	3	4	
Rujukan	Menggunakan daftar pustaka yang relevan dengan materi	1	2	3	4	
	Mencantumkan halaman pustaka yang dirujuk sehingga mempermudah penyusunan bahan ajar	1	2	3	4	

Koreksi Redaksional:

1. Kesalahan ketik atau penulisan istilah yang tidak sesuai pada SAP ini adalah:

Halaman	Tertulis	Seharusnya

2. Bagian-bagian dari SAP yang seharusnya diperbaiki, ditambah, diganti atau dibuang adalah:

Halaman	Tentang	Saran

3. Saran perbaikan secara umum terhadap SAP:

Yogyakarta, 2012
Penilai Ahli,

.....

Lampiran 3 Instrumen Penilaian Ahli Terhadap Buku Ajar Teknik Digital

INSTRUMEN PENILAIAN AHLI TERHADAP BUKU AJAR TEKNIK DIGITAL SEBAGAI PERANGKAT PEMBELAJARAN PRAKTIK *ONLINE* DI PERGURUAN TINGGI DENGAN PENDEKATAN KOLABORASI

Nama Ahli :
Jabatan Akademik/Pangkat :
Institusi :
Keahlian : ☐ Bidang Studi ☐ Desain Instruksional
☐ Pembelajaran E-Learning ☐ Multimedia Pembelajaran

Petunjuk Penilaian:

Penilaian dilakukan dengan cara (1) memberi tanda silang (X) pada skor yang tersedia di setiap komponen, (2) jika diperlukan, memberikan komentar/saran dan koreksi redaksional pada setiap komponen, serta (3) saran dan perbaikan buku ajar secara keseluruhan.

Pemberian skor dilakukan dengan kriteria:

1. Tidak tepat/tidak sesuai/tidak lengkap/tidak baik
2. Kurang tepat/kurang sesuai/kurang lengkap/kurang baik
3. Tepat/sesuai/lengkap/baik
4. Sangat tepat/sangat sesuai/sangat lengkap/sangat baik

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Sampul	Menampakkan identitas bahan ajar secara jelas	1	2	3	4	
	Menunjukkan sasaran pengguna bahan ajar secara jelas	1	2	3	4	
	Menampakkan ilustrasi yang memotivasi mahasiswa untuk belajar teknik digital	1	2	3	4	
Kompetensi Dasar dan Tujuan	Mencantumkan kompetensi yang harus dicapai pada setiap awal bab dari buku ajar	1	2	3	4	
	Mencantumkan tujuan pembelajaran pada setiap awal bab dari buku ajar	1	2	3	4	
	Tujuan pembelajaran dirumuskan secara sederhana dan operasional	1	2	3	4	
	Rumusan tujuan pembelajaran menggunakan bahasa yang komunikatif	1	2	3	4	
	Rumusan tujuan pembelajaran memotivasi mahasiswa untuk mencapainya secara bertahap	1	2	3	4	
	Rumusan tujuan pembelajaran menunjukkan tahap-tahap yang jelas menuju pencapaian kompetensi	1	2	3	4	

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Materi	Uraian materi pada setiap bab sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai	1	2	3	4	
	Materi-materi yang terkandung dalam buku ajar valid sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	1	2	3	4	
	Rumus-rumus yang tercantum sesuai dengan materi yang dijelaskan	1	2	3	4	
	Simbol-simbol yang digunakan sesuai dengan karakteristik bahan ajar	1	2	3	4	
	Penggunaan satuan sesuai dengan karakteristik materi bahan ajar	1	2	3	4	
	Tabel yang digunakan tepat sesuai dengan materi yang diuraikan					
	Materi-materinya mampu mengembangkan kecakapan akademik meliputi aspek kognitif, psikomotorik dan afektif	1	2	3	4	
Grafika	Tataletak grafik estetik, dinamis dan menarik	1	2	3	4	
	Penampilan ilustrasi menggunakan gambar yang diberi nomor dan judul sehingga memudahkan dalam pencariannya	1	2	3	4	
	Ilustrasi yang digunakan dilengkapi dengan keterangan yang dapat memperjelas pemahaman terhadap materi yang diuraikan	1	2	3	4	
	Seluruh uraian materinya menggunakan ukuran dan jenis huruf dengan tingkat keterbacaan yang tinggi	1	2	3	4	
	Ukuran kolom dan baris tabel-tabel yang ditampilkan proporsional terhadap ukuran halaman sehingga mudah dibaca dan memperjelas uraian materi	1	2	3	4	
	Semua tabel diberi nomor dan judul sehingga memudahkan dalam pencariannya	1	2	3	4	

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Penyajian	Penyajian materi secara bertahap dari mudah ke arah yang sulit, dari sederhana ke arah yang lebih rumit, atau dari bersifat konkrit ke abstrak	1	2	3	4	
	Penyajian materinya menarik minat dan perhatian mahasiswa	1	2	3	4	
	Penjelasan materi, gagasan dan wacana dilakukan secara terorganisasi dan sistematis sehingga mudah dipahami	1	2	3	4	
	Uraian materinya mencerminkan hubungan yang erat antar bab	1	2	3	4	
Bahasa	Bahasa yang digunakan etis, estetis dan komunikatif (mudah dipahami) sesuai dengan sasaran pembaca buku ajar	1	2	3	4	
	Menggunakan ejaan, tanda baca, kosakata, kalimat dan paragraf yang sesuai dengan kaidah baku bahasa Indonesia	1	2	3	4	
Perangkat Evaluasi	Menyediakan soal-soal latihan yang sesuai dengan tujuan pembelajaran pada masing-masing bab	1	2	3	4	
	Soal-soal yang disajikan pada setiap akhir bab dapat memperkuat penguasaan materi	1	2	3	4	
	Materi soal-soal sesuai dengan konsep-konsep materi yang diberikan	1	2	3	4	
	Soal-soal yang diberikan dapat mendorong mahasiswa berfikir kritis, logis, sistematis dan analitis	1	2	3	4	
	Tingkat kesulitan soal-soal diberikan secara gradual	1	2	3	4	
Rujukan	Mencantumkan daftar pustaka yang disusun secara sistematis	1	2	3	4	
	Daftar pustaka yang digunakan relevan dengan materi dalam buku ajar	1	2	3	4	

Koreksi Redaksional:

1. Kesalahan ketik atau penulisan istilah yang tidak sesuai pada buku ajar ini adalah:

Halaman	Tertulis	Seharusnya

2. Bagian-bagian dari naskah buku ajar yang seharusnya diperbaiki, ditambah, diganti atau dibuang adalah:

Halaman	Tentang	Saran

3. Saran perbaikan secara umum terhadap buku ajar:

Yogyakarta, 2012
Penilai Ahli,

.....

**INSTRUMEN PENILAIAN AHLI TERHADAP
PANDUAN SIMULATOR/ PANDUAN PEMBELAJARAN PRAKTIK *ONLINE*
UNTUK DOSEN/INSTRUKTUR/MAHASISWA*)
DI PERGURUAN TINGGI DENGAN PENDEKATAN KOLABORASI**

Petunjuk Penilaian:

Pemberian skor dilakukan dengan kriteria:

1. Tidak tepat/tidak sesuai/tidak lengkap/tidak baik
2. Kurang tepat/kurang sesuai/kurang lengkap/kurang baik
3. Tepat/sesuai/lengkap/baik
4. Sangat tepat/sangat sesuai/sangat lengkap/sangat baik

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Sampul	Menampakkan identitas panduan secara jelas	1	2	3	4	
	Menunjukkan sasaran pengguna panduan secara jelas	1	2	3	4	
	Menampakkan ilustrasi yang memotivasi pembaca untuk mempelajarinya	1	2	3	4	
Materi	Komponen materi pada setiap bab memadai sesuai dengan tujuan penyediaan buku panduan	1	2	3	4	
	Materi-materi yang terkandung dalam buku panduan valid sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	1	2	3	4	
	Materi-materinya berisi konsep yang benar dalam bidang kajian kompetensi pembacanya	1	2	3	4	
	Materi-materinya mampu meningkatkan pengetahuan dan keterampilan pembaca	1	2	3	4	

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Grafika	Tataletak grafik estetik, dinamis dan menarik	1	2	3	4	
	Penampilan ilustrasi menggunakan gambar yang diberi nomor dan judul sehingga memudahkan dalam pencariannya	1	2	3	4	
	Ilustrasi yang digunakan dilengkapi dengan keterangan yang dapat memperjelas pemahaman terhadap materi yang diuraikan	1	2	3	4	
	Seluruh uraian materinya menggunakan ukuran dan jenis huruf dengan tingkat keterbacaan yang tinggi	1	2	3	4	
	Ukuran kolom dan baris tabel-tabel yang ditampilkan proporsional terhadap ukuran halaman sehingga mudah dibaca dan memperjelas uraian materi	1	2	3	4	
	Semua tabel diberi nomor dan judul sehingga memudahkan dalam pencariannya	1	2	3	4	
Penyajian	Penyajian materi secara runtun, sistematis, lugas dan mudah dipahami serta dilaksanakan	1	2	3	4	
	Penyajian materinya menarik minat dan perhatian pembaca	1	2	3	4	
	Penyajian materinya memotivasi pembaca untuk mengetahui lebih jauh	1	2	3	4	
	Penyajian materinya mengembangkan pengetahuan dan keterampilan pembaca	1	2	3	4	
Bahasa	Bahasa yang digunakan etis, estetik dan komunikatif (mudah dipahami)	1	2	3	4	
	Menggunakan ejaan, tanda baca, kosakata, kalimat dan paragraf yang sesuai dengan kaidah baku bahasa Indonesia	1	2	3	4	

Koreksi Redaksional:

1. Kesalahan ketik atau penulisan istilah yang tidak sesuai pada buku panduan ini adalah:

Halaman	Tertulis	Seharusnya

2. Bagian-bagian dari naskah buku panduan yang seharusnya diperbaiki, ditambah, diganti atau dibuang adalah:

Halaman	Tentang	Saran

3. Saran perbaikan secara umum terhadap buku panduan:

Yogyakarta, 2012
Penilai Ahli,

.....

Lampiran 5 Instrumen Penilaian Ahli Terhadap Buku Panduan Praktek Teknik Digital

INSTRUMEN PENILAIAN AHLI TERHADAP BUKU PANDUAN PRAKTEK TEKNIK DIGITAL

Nama Ahli :
 Jabatan Akademik/Pangkat :
 Institusi :
 Keahlian : ☐ Bidang Studi ☐ Desain/Media Pembelajaran

Petunjuk Penilaian:

Penilaian dilakukan dengan cara (1) memberikan tanda silang (X) pada skor yang tersedia di setiap komponen, (2) memberikan komentar/saran dan koreksi redaksional pada setiap komponen, serta (3) saran dan perbaikan buku panduan secara keseluruhan.

Pemberian skor dilakukan dengan kriteria:

1. Tidak tepat/tidak sesuai/tidak lengkap/tidak baik
2. Kurang tepat/kurang sesuai/kurang lengkap/kurang baik
3. Tepat/sesuai/lengkap/baik
4. Sangat tepat/sangat sesuai/sangat lengkap/sangat baik

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Sampul	Menampakkan identitas panduan secara jelas	1	2	3	4	
	Menunjukkan sasaran pengguna panduan secara jelas	1	2	3	4	
	Menampakkan ilustrasi yang memotivasi pembaca untuk mempelajarinya	1	2	3	4	
Materi	Materinya memenuhi standar minimum penyelenggaraan praktek laboratorium dalam aspek jumlah dan jenisnya	1	2	3	4	
	Materinya mengandung unsur-unsur panduan praktek yang diperlukan seperti tujuan, alat, bahan, prosedur percobaan, tugas dan diuraikan secara jelas, operasional serta spesifik	1	2	3	4	
	Materinya dapat mengarahkan mahasiswa memahami teori pendukung dengan baik sebelum praktek dilaksanakan	1	2	3	4	
	Materinya mampu mengarahkan mahasiswa menyiapkan kelengkapan praktek dengan baik seperti tabel-tabel pengamatan setiap topik sebelum praktek dilaksanakan	1	2	3	4	

Komponen	Kriteria	Skor				Komentar/Saran
Penyajian	Materinya disajikan secara runtun, sistematis, lugas dan mudah dipahami serta dilaksanakan	1	2	3	4	
	Penyajian materinya menarik minat dan perhatian mahasiswa	1	2	3	4	
	Materinya disajikan secara <i>open-ended</i> sehingga mendorong tumbuhnya sikap kreatif mahasiswa dalam menentukan prosedur percobaan yang akan dilakukan	1	2	3	4	
	Penyajian materinya mendorong mahasiswa melakukan kerja kolaborasi	1	2	3	4	
	Penyajian materinya mendukung implementasi praktek dengan metode inkuiri terbimbing	1	2	3	4	
	Penyajian materinya mampu mengembangkan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa	1	2	3	4	
Bahasa	Bahasa yang digunakan etis, estetik dan komunikatif (mudah dipahami)	1	2	3	4	
	Menggunakan ejaan, tanda baca, kosakata, kalimat dan paragraf yang sesuai dengan kaidah baku bahasa Indonesia	1	2	3	4	
Evaluasi	Panduan dilengkapi dengan evaluasi yang sesuai tujuan praktek setiap topik	1	2	3	4	
	Evaluasi dapat mengukur pencapaian tujuan praktek setiap topik	1	2	3	4	
	Model evaluasi sesuai dengan karakteristik pembelajaran praktek laboratorium	1	2	3	4	

Koreksi Redaksional:

1. Kesalahan ketik atau penulisan istilah yang tidak sesuai pada buku panduan ini adalah:

Halaman	Tertulis	Seharusnya

2. Bagian-bagian dari naskah buku panduan yang seharusnya diperbaiki, ditambah, diganti atau dibuang adalah:

Halaman	Tentang	Saran

3. Saran perbaikan secara umum terhadap buku panduan:

Yogyakarta, 2012
Penilai Ahli,

.....

Lampiran 6 Soal *Pre-Test* Praktik Teknik Digital

Soal *Pre-Test* Praktik Teknik Digital

Petunjuk: Baca setiap soal dengan cermat dan teliti. Berikan tanda lingkaran pada jawaban yang Anda anggap paling tepat!

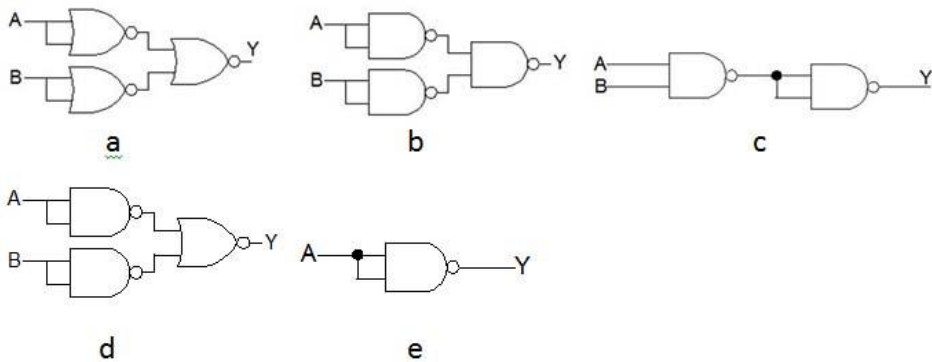
Sesi Praktik ke-1:

1. Gerbang logika yang memberikan output tinggi hanya dan hanya jika semua inputnya tinggi adalah:
 - a. OR
 - b. AND
 - c. NOT
 - d. NOR
 - e. NAND
2. Sedangkan gerbang logika yang memberikan output rendah jika salah satu atau lebih inputnya bernilai tinggi adalah:
 - a. OR
 - b. AND
 - c. NOT
 - d. NOR
 - e. NAND
3. Pengertian gerbang OR adalah gerbang logika yang memberikan:
 - a. Output tinggi jika salah satu atau lebih inputnya bernilai tinggi
 - b. Output rendah jika salah satu atau lebih inputnya bernilai tinggi
 - c. Output tinggi jika dan hanya jika semua inputnya bernilai tinggi
 - d. Output rendah jika dan hanya jika semua inputnya bernilai tinggi
 - e. Output rendah jika salah satu inputnya bernilai tinggi
4. Jika A, B adalah input dan Y adalah output, gerbang logika apakah yang memiliki tabel kebenaran seperti berikut ini?

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

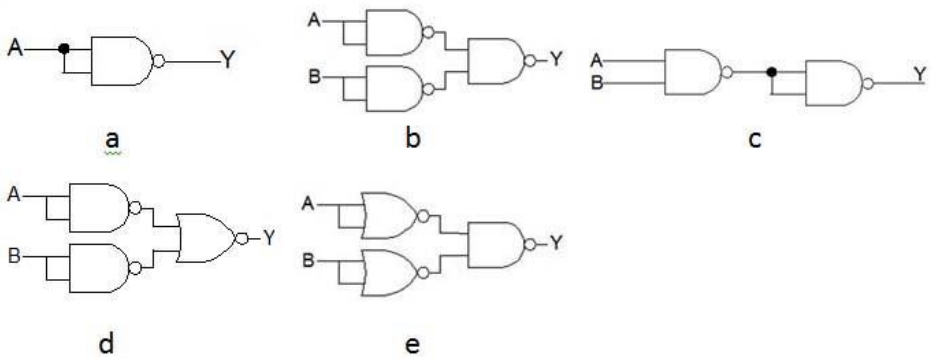
- a. OR
- b. AND
- c. NOT
- d. NOR
- e. NAND

5. Rangkaian logika berikut ini yang memberikan output sama dengan gerbang OR adalah:



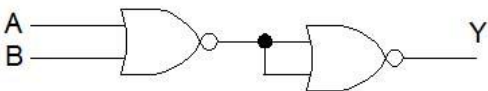
- a. Gambar a
- b. Gambar b
- c. Gambar c
- d. Gambar d
- e. Gambar e

6. Sedangkan rangkaian yang memberikan output sama dengan gerbang AND adalah:



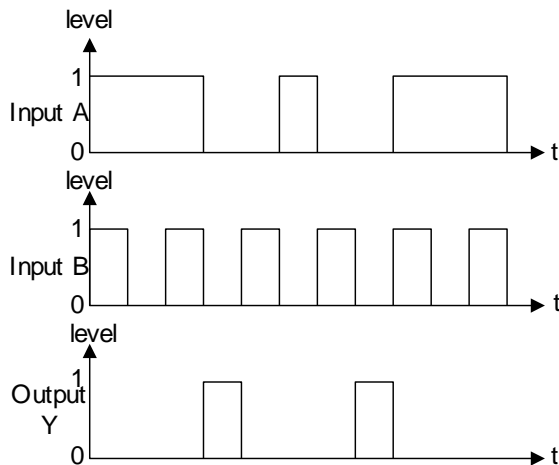
- a. Gambar a
- b. Gambar b
- c. Gambar c
- d. Gambar d
- e. Gambar e

7. Rangkaian berikut ini akan memberikan output yang sama dengan gerbang:



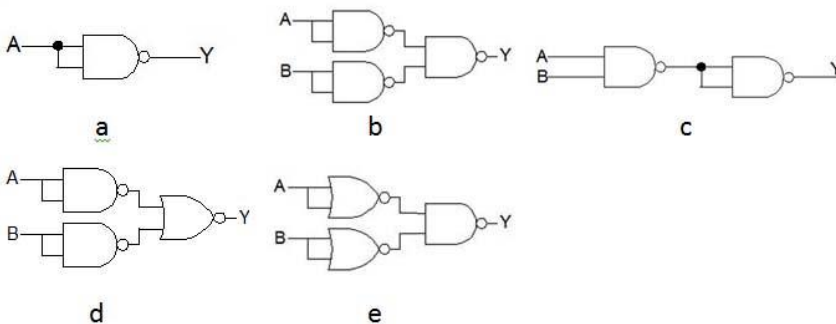
- a. OR
- b. AND
- c. NOT
- d. NOR
- e. NAND

8. Gerbang apakah yang memberikan output bentuk gelombang berikut ini?

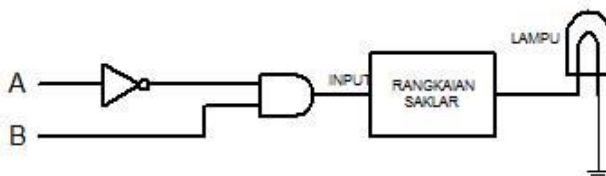


- a. OR
- b. AND
- c. NOT
- d. NOR
- a. NAND

9. Rangkaian manakah yang sesuai untuk persamaan logika $Y = A.B$



10. Terdapat sebuah rangkaian saklar yang akan memberikan keadaan ON apabila inputnya bernilai tinggi. Input rangkaian saklar dihubungkan dengan rangkaian logika seperti gambar di bawah ini. Jika input A bernilai rendah dan input B bernilai tinggi, maka:



- a. Input rangkaian bernilai rendah dan lampu menyala
- b. Input rangkaian bernilai tinggi dan lampu menyala
- c. Input rangkaian bernilai rendah dan lampu padam
- d. Input rangkaian bernilai tinggi dan lampu padam
- e. Lampu padam

Sesi Praktik Ke-2:

11. Teorema-teorema aljabar Boole yang semuanya benar di bawah ini adalah:

- a. $A+1=1$, $A+A=2A$, $A.0=0$
- b. $A+1=1$, $A+A=2A$, $A+0=A$
- c. $A+1=1$, $A+A=A$, $A+0=A$
- d. $A.1=1$, $A+A=A$, $A+1=A$
- e. $A+1=0$, $A+A=A$, $A+1=A$

12. Persamaan $Y = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$ menurut de Morgan sama dengan persamaan:

- a. $Y = \overline{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}}$
- b. $Y = \overline{A} \overline{B} \overline{C}$
- c. $Y = \overline{A + B + C}$
- d. $Y = \overline{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}}$
- e. $Y = \overline{\overline{A} \overline{B} \overline{C}}$

13. Persamaan berikut ini yang termasuk jenis *standard sum of product* adalah:

- a. $Y = (A + \overline{B} + C)(\overline{A} + B + \overline{C})(A + B + C) + (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})$
- b. $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C$
- c. $Y = A(\overline{B} + C) + (A + B)\overline{C} + ABC + \overline{A}B\overline{C}$
- d. $Y = \overline{A}\overline{B} + \overline{A}B$
- e. $Y = \overline{A}\overline{B} + \overline{A}B + A$

14. Perhatikan tabel kebenaran hasil eksperimen berikut ini:

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

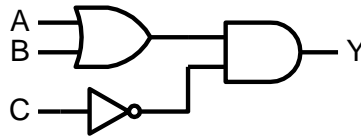
Persamaan logika bentuk *sum of product* yang dihasilkan dari tabel tersebut adalah:

- a. $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}$
- b. $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$
- c. $Y = (\overline{A} + \overline{B} + C)(\overline{A} + B + \overline{C})(A + \overline{B} + \overline{C})(A + \overline{B} + C)(A + B + C)$
- d. $Y = (A + B + C)(A + \overline{B} + C)(\overline{A} + \overline{B} + C)$
- e. $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}$

15. Persamaan dalam bentuk *standar product of sum* untuk tabel tersebut adalah:

- $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}$
- $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C$
- $Y = (\overline{A} + \overline{B} + C)(\overline{A} + B + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(A + \overline{B} + C)(A + B + C)$
- $Y = (A + B + C)(A + \overline{B} + C)(\overline{A} + \overline{B} + C)$
- $Y = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + ABC$

16. Tabel kebenaran yang sesuai untuk rangkaian berikut ini adalah:



A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

a

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

b

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

c

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

d

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

e

17. Bentuk paling sederhana dari persamaan

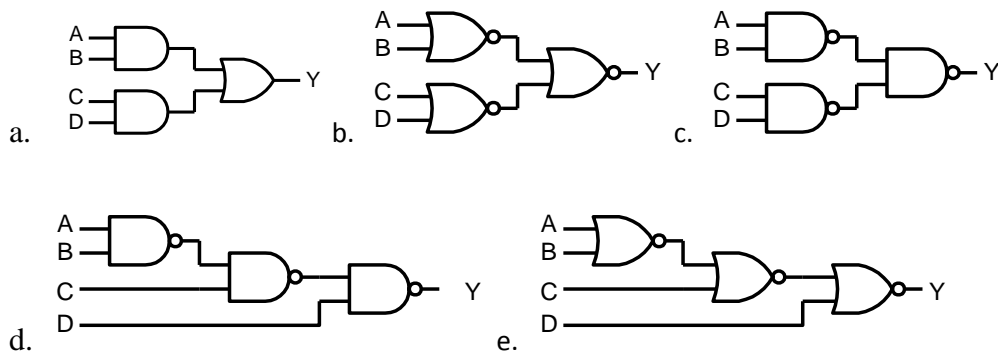
$Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + \overline{A}BC$ adalah:

- $Y = \overline{A}B + \overline{C}$
- $Y = AB + C$
- $Y = A + \overline{B}C$
- $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + C$
- $Y = A + BC$

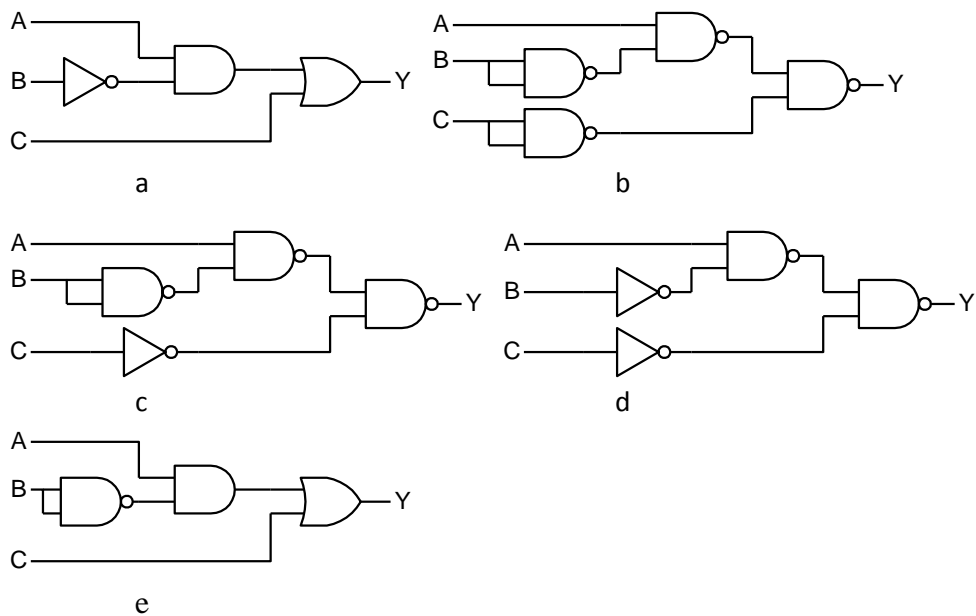
18. Bentuk NAND dari persamaan pada soal nomor 17 yang paling tepat adalah:

- $Y = \overline{\overline{A} \bullet \overline{BC}}$
- $Y = \overline{\overline{A} \bullet B \bullet C}$
- $Y = \overline{\overline{A} \bullet \overline{B} \bullet \overline{C}}$
- $Y = \overline{\overline{A} \bullet \overline{BC}}$
- $Y = \overline{\overline{A} \bullet B \bullet C}$

19. Bentuk NAND dari persamaan $Y=AB+CD$ adalah:



20. Implementasi paling murah dari rangkaian $Y = A\bar{B} + C$ berikut ini adalah:

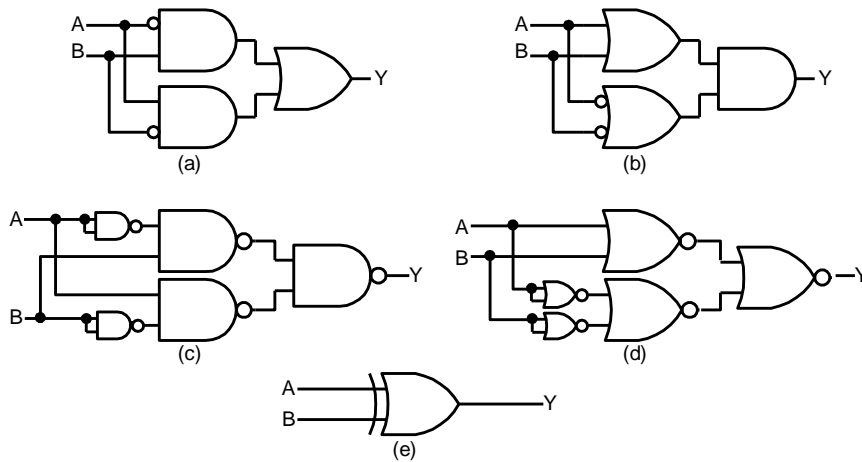


Sesi Praktik Ke-3:

21. Rangkaian yang menghasilkan logika tinggi pada outputnya apabila terdapat perbedaan pada kedua inputnya disebut:

- Multiplexer
- Non-equality comparator
- Equality comparator
- Exclusive NOR
- Half Adder

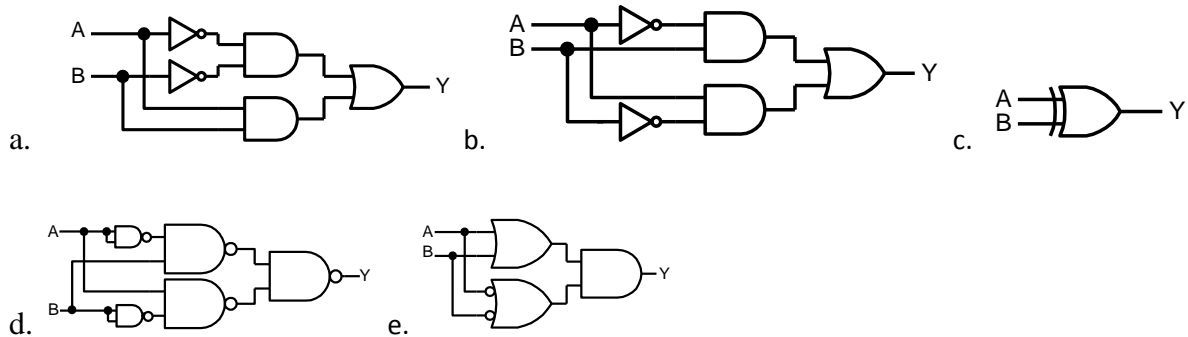
22. Bentuk *sum of product* dari *non-equality comparator* adalah:



23. Fungsi *non-equality comparator* sama dengan fungsi gerbang:

- XNOR
- NOR
- XOR
- OR
- NAND

24. Mana dari rangkaian berikut ini yang menunjukkan fungsi *equality comparator*?



25. Tabel kebenaran yang menunjukkan fungsi *non-equality comparator* adalah:

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

a

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

b

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

c

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

d

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

e

26. Persamaan yang menunjukkan output dari *equality comparator* adalah:

- $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$
- $Y = \overline{A}B + AB$
- $Y = AB + A\overline{B}$
- $Y = A \oplus B$
- $Y = AB + \overline{A}\overline{B}$

27. Tabel kebenaran untuk *half adder* adalah:

A	B	Y	Cn
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

a

A	B	Y	Cn
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

b

A	B	Y	Cn
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1

c

A	B	Y	Cn
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	1	1

d

A	B	Y	Cn
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	1

e

28. Definisi yang tepat dari *full adder* adalah:

- Penjumlah dengan dua buah input dan satu buah output
- Penjumlah dengan output mengandung *carry*
- Penjumlah dengan output mengandung *sum* dan *carry*
- Penjumlah yang melibatkan *carry* (bawaan) sebelumnya pada inputnya
- Penjumlah dengan dua input

29. Mana dari tabel kebenaran berikut ini yang menunjukkan fungsi *full adder* 1-bit!

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

a

A	B	Cp	S	Co
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

b

A	B	Cp	S	Co
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

c

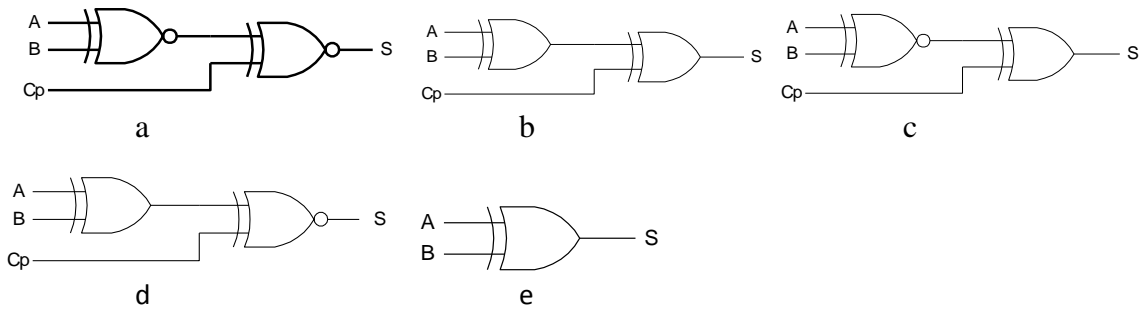
A	B	Cp	S	Co
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0

c

A	B	Cp	S	Co
0	0	0	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	0

d

30. Mana dari rangkaian berikut yang menunjukkan fungsi *sum* pada *full adder*:

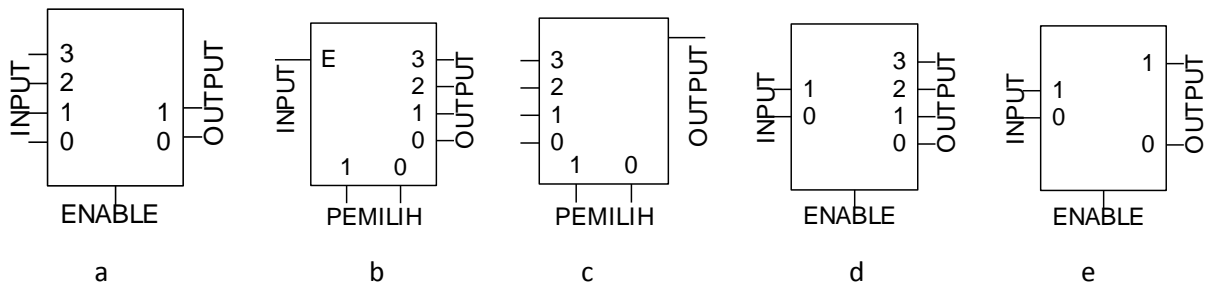


Sesi Praktik Ke-4:

31. Multiplexer adalah rangkaian logika yang berfungsi:

- Mendistribusikan data yang ada pada inputnya ke output tertentu yang dipilih
- Memilih data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
- Mencampur data yang ada pada inputnya
- Menahan data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
- Meneruskan data yang ada pada inputnya

32. Mana dari gambar berikut ini yang menggambarkan simbol multiplexer 4 ke 1?



33. Dalam kehidupan sehari-hari, multiplexer banyak diterapkan pada peralatan:

- SPST (*single-pole single-throw*) atau saklar tunggal
- DPDT (*double-pole double-throw*) atau saklar dengan kutub dan terminal ganda
- SPDT (*single-pole double-throw*) atau saklar dengan kutub tunggal terminal ganda
- Gabungan SPST dan DPDT
- Gabungan SPDT dan DPDT

34. Tabel kebenaran yang sesuai untuk multiplexer 4 ke 1 adalah:

PEMILIH		OUTPUT			
S1	S0	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	I	0	0	0
0	1	0	I	0	0
1	0	0	0	I	0
1	1	0	0	0	I

a

PEMILIH		OUTPUT			
S1	S0	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0

b

PEMILIH		OUTPUT	
S1	S0	D1	D0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1

c

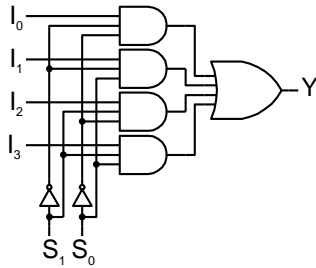
PEMILIH		OUTPUT
S1	S0	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	1

d

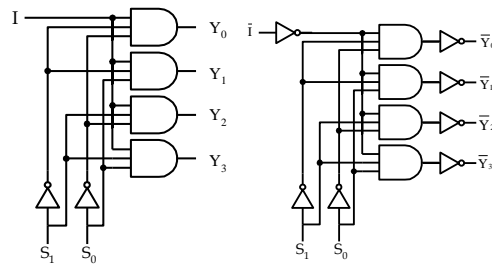
PEMILIH		OUTPUT
S1	S0	Y
0	0	I_0
0	1	I_1
1	0	I_2
1	1	I_3

e

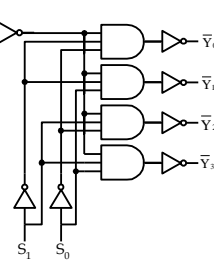
35. Rangkaian multiplekser 4 ke 1 dalam bentuk *sum of product* adalah:



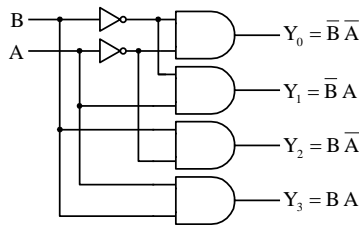
a



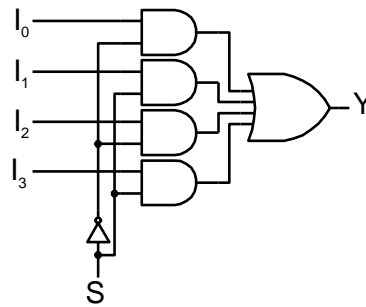
b



c



d

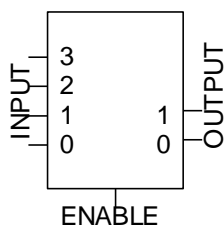


e

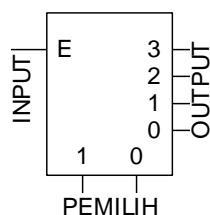
36. Demultiplekser adalah rangkaian logika yang berfungsi:

- Mendistribusikan data yang ada pada inputnya ke output tertentu yang dipilih
- Memilih data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
- Mencampur data yang ada pada inputnya
- Menahan data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
- Meneruskan data yang ada pada inputnya

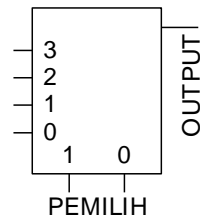
37. Mana dari gambar berikut ini yang menggambarkan simbol demultiplekser 1 ke 4?



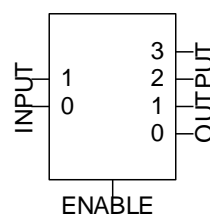
a



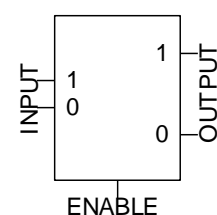
b



c



d



e

38. Tabel kebenaran yang sesuai untuk demultiplekser 1 ke 4 jenis output ACTIVE-HIGH adalah:

PEMILIH		OUTPUT			
S1	S0	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	I	0	0	0
0	1	0	I	0	0
1	0	0	0	I	0
1	1	0	0	0	I

a

PEMILIH		OUTPUT			
S1	S0	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0

b

PEMILIH		OUTPUT	
S1	S0	D1	D0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1

c

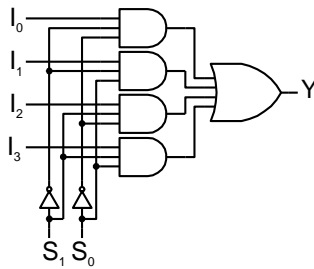
PEMILIH		OUTPUT
S1	S0	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	1

d

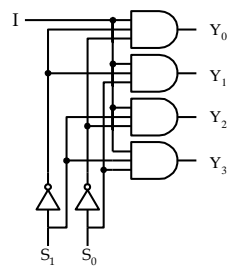
PEMILIH		OUTPUT
S1	S0	Y
0	0	I ₀
0	1	I ₁
1	0	I ₂
1	1	I ₃

e

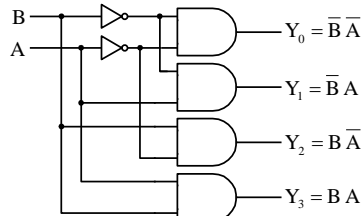
39. Rangkaian demultiplekser 1 ke 4 jenis input dan outputnya ACTIVE-LOW adalah:



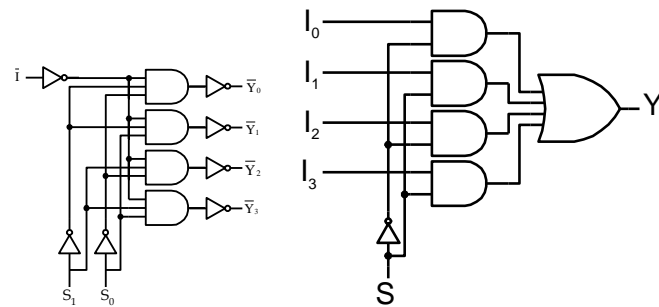
a



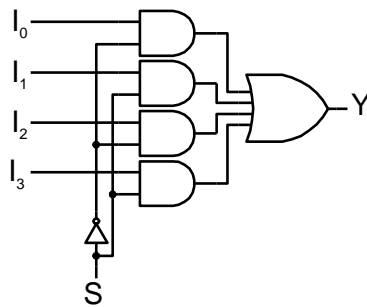
b



c



d



e

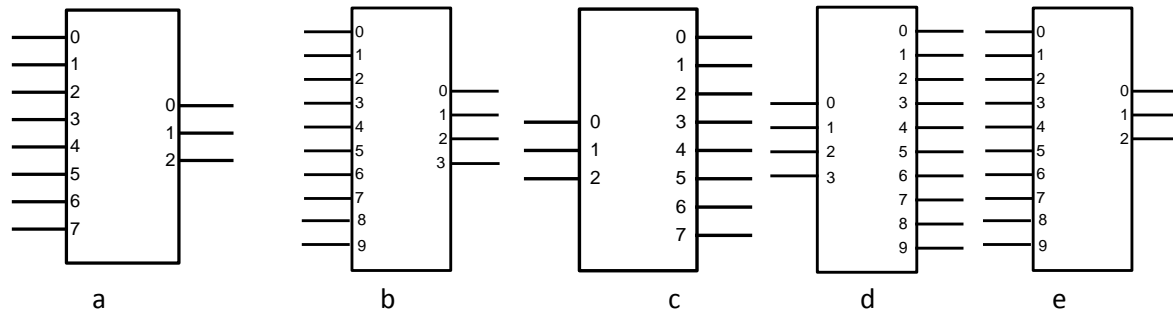
40. Persamaan yang menunjukkan fungsi demultiplekser 1 ke 4 adalah:

- $Y = \bar{S}_1 \bar{S}_0 I_0 + \bar{S}_1 S_0 I_1 + S_1 \bar{S}_0 I_2 + S_1 S_0 I_3$
- $Y_0 = \bar{S}_1 \bar{S}_0 I, Y_1 = \bar{S}_1 S_0 I, Y_2 = S_1 \bar{S}_0 I, Y_3 = S_1 S_0 I$
- $Y_0 = \bar{S}_1 \bar{S}_0, Y_1 = \bar{S}_1 S_0, Y_2 = S_1 \bar{S}_0, Y_3 = S_1 S_0$
- $Y_0 = \bar{S}_1 \bar{S}_0 I_0, Y_1 = \bar{S}_1 S_0 I_1, Y_2 = S_1 \bar{S}_0 I_2, Y_3 = S_1 S_0 I_3$
- $Y = (\bar{S}_1 \bar{S}_0 I_0)(\bar{S}_1 S_0 I_1)(S_1 \bar{S}_0 I_2)(S_1 S_0 I_3)$

Sesi Praktik Ke-5:

41. Enkoder adalah rangkaian logika yang berfungsi:
- Menafsirkan kode-kode yang ada pada inputnya sehingga dapat dibaca pada outputnya
 - Meneruskan data yang ada pada inputnya seperti data aslinya
 - Mengubah data yang ada pada inputnya menjadi data lain yang berbeda
 - Mengubah data yang ada pada inputnya menjadi kode-kode standar tertentu
 - Membangkitkan data analog pada outputnya
42. Kode BCD yang valid dari beberapa kode berikut ini adalah:
- 1001 1100 1111 0001
 - 0000 0101 1110 0011 1001 1100
 - 1011 0001 0010 0011 0111
 - 0110 0111 0000 0100 1100
 - 0111 0101 0000 0001 1000 1001
43. Hasil konversi bilangan 12 desimal ke dalam sistem kode BCD adalah:
- 1100
 - 0000 1100
 - 1100 0000
 - 0001 0010
 - 0000 0001 0010

44. Berikut ini gambar yang mewakili enkoder desimal ke BCD adalah:



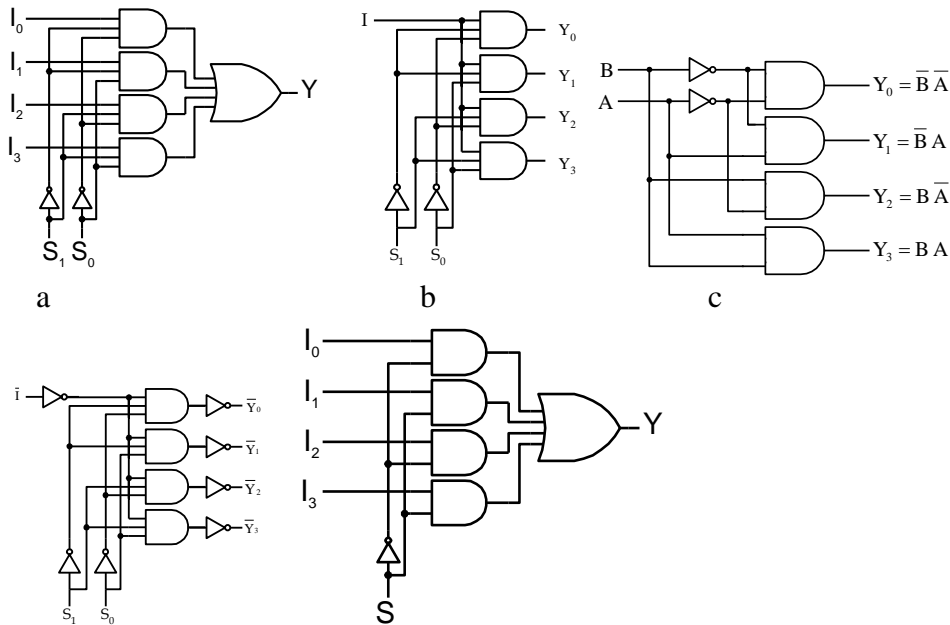
45. Jenis enkoder yang memiliki tabel kebenaran berikut ini adalah::

INPUT								OUTPUT		
0	1	2	3	4	5	6	7	C	B	A
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

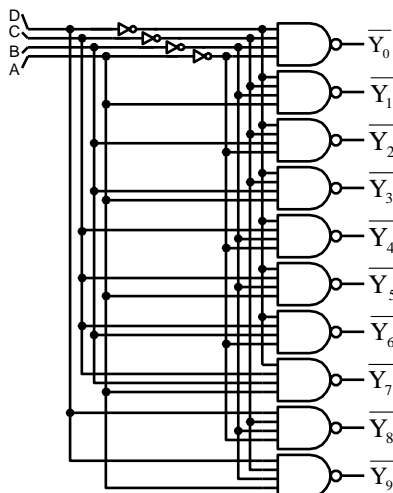
- a. Input dan output ACTIVE-LOW
- b. Input dan output ACTIVE-HIGH
- c. Input ACTIVE-HIGH, output ACTIVE-LOW
- d. Input ACTIVE-LOW, output ACTIVE-HIGH
- e. Enkoder prioritas jenis ACTIVE-LOW

46. Dekoder adalah rangkaian logika yang berfungsi:
- a. Menafsirkan kode-kode yang ada pada inputnya sehingga dapat dibaca pada outputnya
 - b. Meneruskan data yang ada pada inputnya seperti data aslinya
 - c. Mengubah data yang ada pada inputnya menjadi data lain yang berbeda
 - d. Mengubah data yang ada pada inputnya menjadi kode-kode standar tertentu
 - e. Membangkitkan data analog pada outputnya

47. Rangkaian dekoder 2 ke 4 tanpa *enable* ditunjukkan oleh oleh gambar:



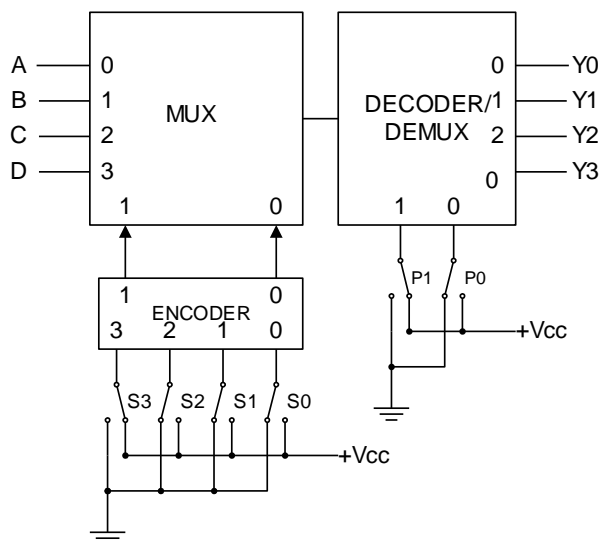
48. Perhatikan rangkaian berikut ini:



Rangkaian tersebut adalah:

- Dekoder BCD ke desimal jenis input dan output ACTIVE-HIGH
- Dekoder BCD ke desimal jenis input dan output ACTIVE-LOW
- Dekoder BCD ke desimal jenis input ACTIVE-LOW, output ACTIVE-HIGH
- Dekoder BCD ke desimal jenis input ACTIVE-HIGH, output ACTIVE-LOW
- Bukan rangkaian dekoder

49. Perhatikan gambar berikut ini:



Dalam posisi saklar seperti itu, output yang benar adalah:

- $Y0=A, Y1=0, Y2=0, Y3=0$
- $Y0=0, Y1=B, Y2=0, Y3=0$
- $Y0=0, Y1=0, Y2=C, Y3=0$
- $Y0=0, Y1=0, Y2=0, Y3=D$
- $Y0=0, Y1=0, Y2=D, Y3=0$

50. Tabel di bawah ini adalah tabel kebenaran untuk rangkaian:

INPUT				OUTPUT									
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

- Dekoder 4 ke 16
- Dekoder BCD ke Desimal
- Dekoder BCD ke Heksadesimal
- Dekoder 4 ke 8
- Dekoder BCD ke Oktal

Sesi Praktik Ke-6:

51. Definisi flip-flop yang paling tepat adalah:

- Flip-flop merupakan rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data
- Flip-flop adalah memori 1-bit
- Flip-flop adalah elemen terkecil dari rangkaian sekuensial
- Flip-flop adalah elemen rangkaian pencacah
- Flip-flop adalah elemen rangkaian register

52. Tabel kebenaran untuk flip-flop SR adalah:

S	R	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	?

a

S	R	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_{n-1}}$

b

S	R	Q _n
0	0	$\overline{Q_{n-1}}$
0	1	0
1	0	1
1	1	Q _{n-1}

c

S	R	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	?

d

S	R	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	$\overline{Q_{n-1}}$

e

53. Tabel kebenaran untuk flip-flop JK adalah:

J	K	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	?

a

J	K	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_{n-1}}$

b

J	K	Q _n
0	0	$\overline{Q_{n-1}}$
0	1	0
1	0	1
1	1	Q _{n-1}

c

J	K	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	?

d

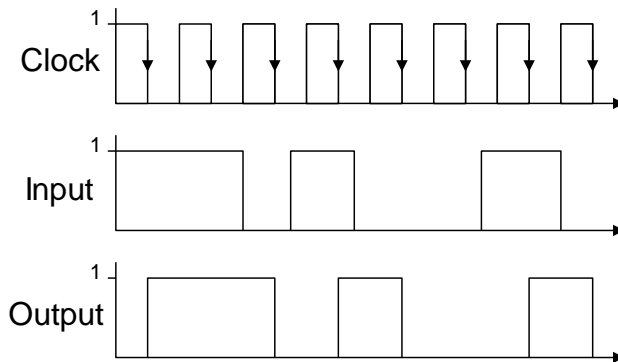
J	K	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	$\overline{Q_{n-1}}$

e

54. Flip-flop yang berfungsi membalik output yang lalu dinamakan:

- Flip-flop D
- Flip-flop SR
- Flip-flop JK
- Flip-flop SR-clocked
- Flip-flop T

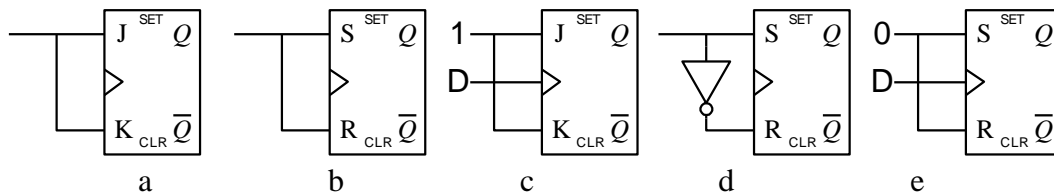
55. Perhatikan diagram waktu berikut ini:



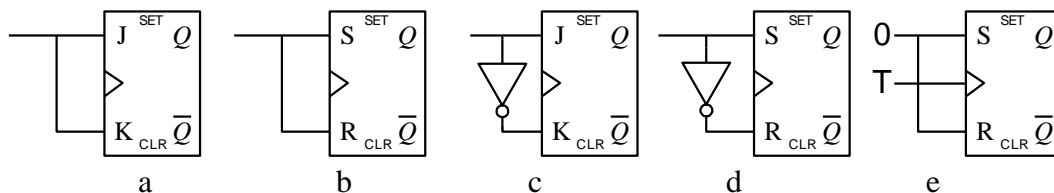
Flip-flop yang menampilkan diagram waktu tersebut adalah:

- Flip-flop D
- Flip-flop SR
- Flip-flop JK
- Flip-flop SR-clocked
- Flip-flop T

56. Cara yang benar untuk memperoleh flip-flop D adalah:



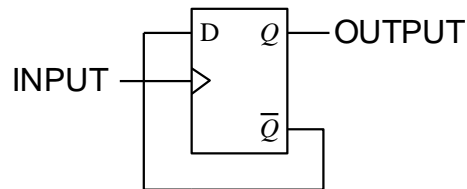
57. Gambar yang benar untuk memperoleh watak flip-flop T adalah:



58. Jenis flip-flop yang akan aktif jika sinyal *clock* berubah dari 0 ke 1 adalah:

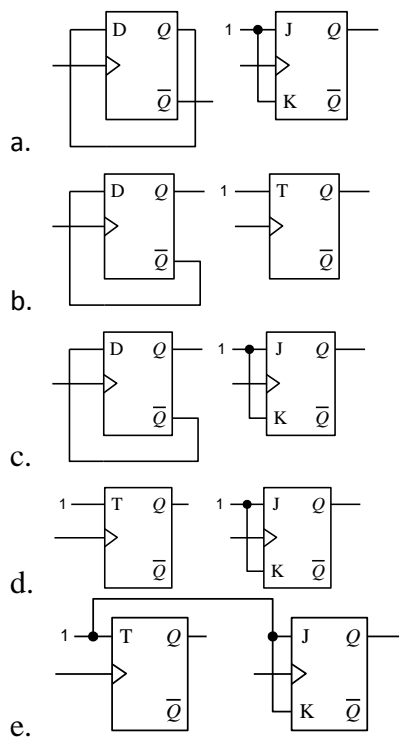
- Edge-triggered
- JK Master-Slave
- SR-Clocked
- Negative edge-triggered
- Positive edge-triggered

59. Rangkaian berikut ini memiliki watak:



- Mempertahankan keadaan outputnya setiap ada sinyal *clock*
- Selalu bernilai tinggi setiap ada sinyal *clock*
- Selalu bernilai rendah setiap ada sinyal *clock*
- Membalik keadaan output sebelumnya setiap ada sinyal *clock*
- Sinyal *clock* tidak berpengaruh terhadap outputnya

60. Berikut ini adalah cara memperoleh rangkaian *toggle*, kecuali:



Sesi Praktik Ke-7:

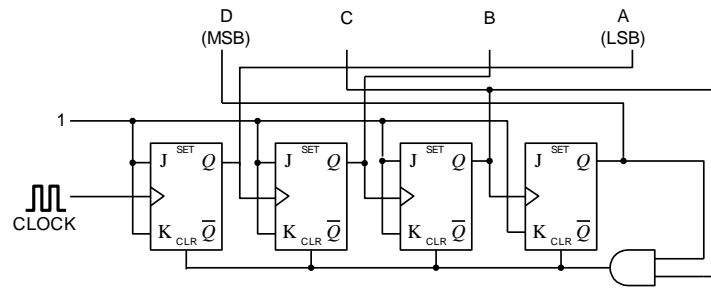
61. Rangkaian sekuensial adalah rangkaian logika yang outputnya:
- tidak dilengkapi dengan memori
 - tidak tergantung pada waktu
 - tergantung pada keadaan inputnya
 - tergantung pada keadaan output sebelumnya
 - tergantung *clock*
62. Pengertian pencacah (*counter*) yang paling tepat adalah:
- Rangkaian logika yang outputnya diambil dari output flip-flop penyusunnya
 - Rangkaian logika yang berfungsi menjumlah sinyal pada input-inputnya
 - Rangkaian logika yang mengandung elemen flip-flop
 - Rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data dalam satu baris memori
 - Rangkaian logika sekuensial yang berfungsi menjumlah pulsa *clock* yang masuk ke inputnya
63. Pencacah yang setiap elemennya bekerja secara tidak bersamaan dinamakan:
- Pencacah Sinkron
 - Pencacah Asinkron
 - Pencacah Pulsa
 - Pencacah Ring
 - Pencacah Up-Down
64. Tabel kebenaran berikut ini menunjukkan watak:

CACAH (COUNT)	OUTPUT		
	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	0	0	0

- Pencacah Sinkron
 - Pencacah Asinkron
 - Pencacah Modulo-5
 - Pencacah Modulo-6
 - Pencacah Modulo-4
65. Untuk membangun pencacah modulo 13 diperlukan flip-flop sebanyak:
- Dua buah
 - Tiga buah
 - Empat buah
 - Lima buah
 - Enam buah

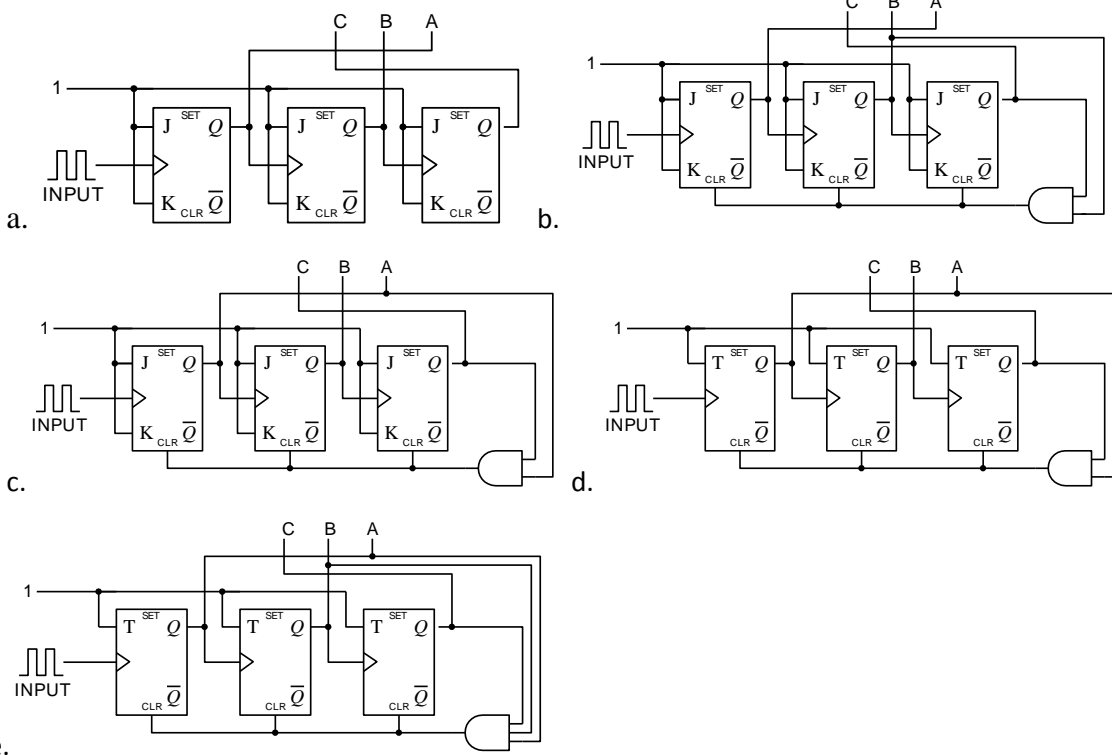
66. Berapa flip-flop yang digunakan untuk membuat counter pada jam digital?
- Untuk jam: 9 buah flip-flop, untuk menit: 2 buah flip-flop, untuk detik: 2 buah flip-flop
 - Untuk jam: 8 buah flip-flop, untuk menit: 3 buah flip-flop, untuk detik: 3 buah flip-flop
 - Untuk jam: 7 buah flip-flop, untuk menit: 4 buah flip-flop, untuk detik: 4 buah flip-flop
 - Untuk jam: 6 buah flip-flop, untuk menit: 5 buah flip-flop, untuk detik: 5 buah flip-flop
 - Untuk jam: 5 buah flip-flop, untuk menit: 6 buah flip-flop, untuk detik: 6 buah flip-flop

67. Rangkaian berikut ini adalah pencacah jenis:

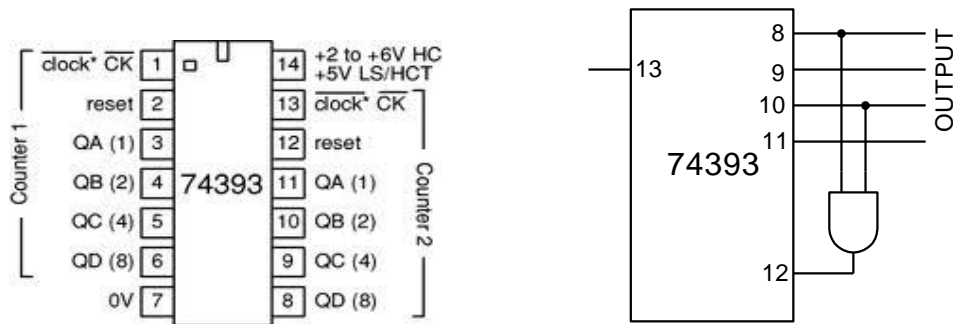


- Modulo-12
- Modulo-16
- Modulo-10
- Modulo-11
- Modulo-9

68. Rangkaian untuk pencacah modulo-6 yang benar adalah:



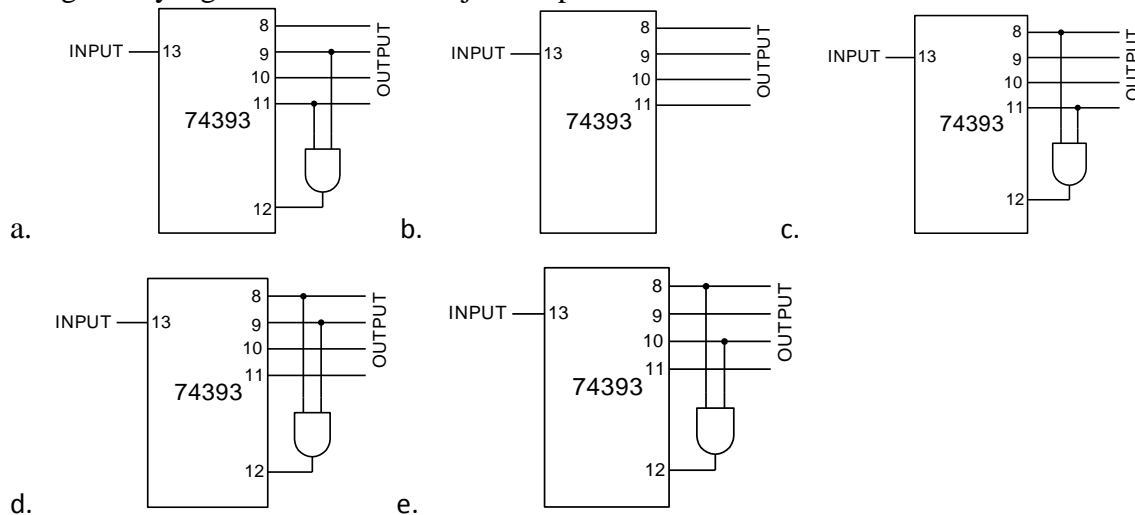
69. Perhatikan gambar berikut ini:



Gambar sebelah kanan adalah rangkaian pencacah:

- Modulo-10
- Modulo-11
- Modulo-12
- Modulo-13
- Modulo-14

70. Rangkaian yang benar untuk mewujudkan pencacah modulo-12 adalah:

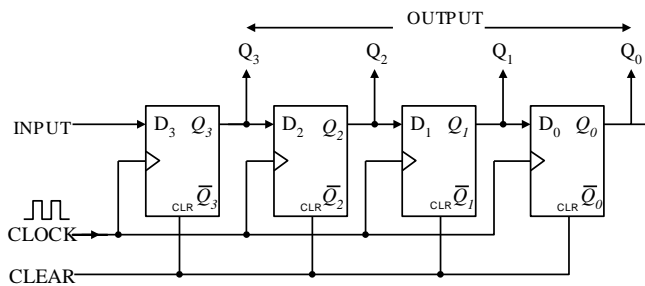


Sesi Praktik Ke-8:

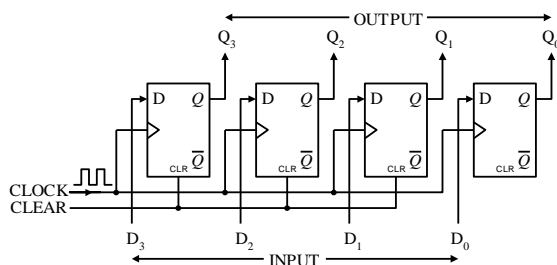
71. Definisi register yang tepat adalah:

- Rangkaian logika sekuensial yang hanya dapat menyimpan data 1-bit
- Rangkaian logika yang berfungsi sebagai penghitung bit data
- Rangkaian logika yang berfungsi sebagai penyimpan data permanen
- Rangkaian logika yang berfungsi sebagai memori yang hanya dapat dibaca
- Rangkaian logika yang berfungsi sebagai penyimpan data sementara

72. Register yang dapat menyimpan semua data yang terpasang pada inputnya secara serempak dalam satu waktu dinamakan:
- SIPO
 - PISO
 - PIPO
 - SISO
 - Register geser
73. Dibandingkan dengan PIPO, SIPO dalam melakukan penyimpanan data:
- Lebih cepat
 - Lebih lambat
 - Sama
 - Tidak tentu
 - Tergantung jumlah bit datanya
74. *Shift register* melakukan penyimpanan data dengan cara:
- Data dimasukkan secara serempak dengan menggeser bit-bit nya
 - Data dimasukkan secara serial dimulai dari data MSB
 - Data dimasukkan secara serial dimulai dari data LSB
 - Data dimasukkan secara serempak dalam waktu yang bersamaan
 - Data dimasukkan dengan cara menggeser bit-bit nya dimulai dari MSB
75. Rangkaian berikut ini adalah register jenis:

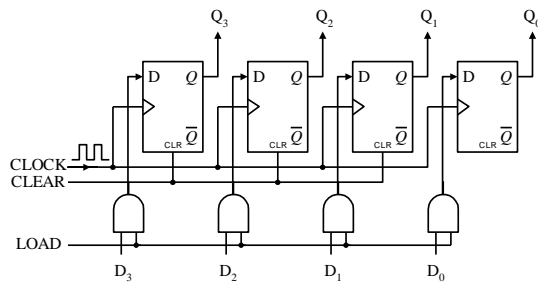


- SIPO
 - PISO
 - PIPO
 - SISO
 - Register paralel
76. Rangkaian berikut ini adalah register jenis:



- SIPO
- PISO
- PIPO
- SISO
- Register paralel

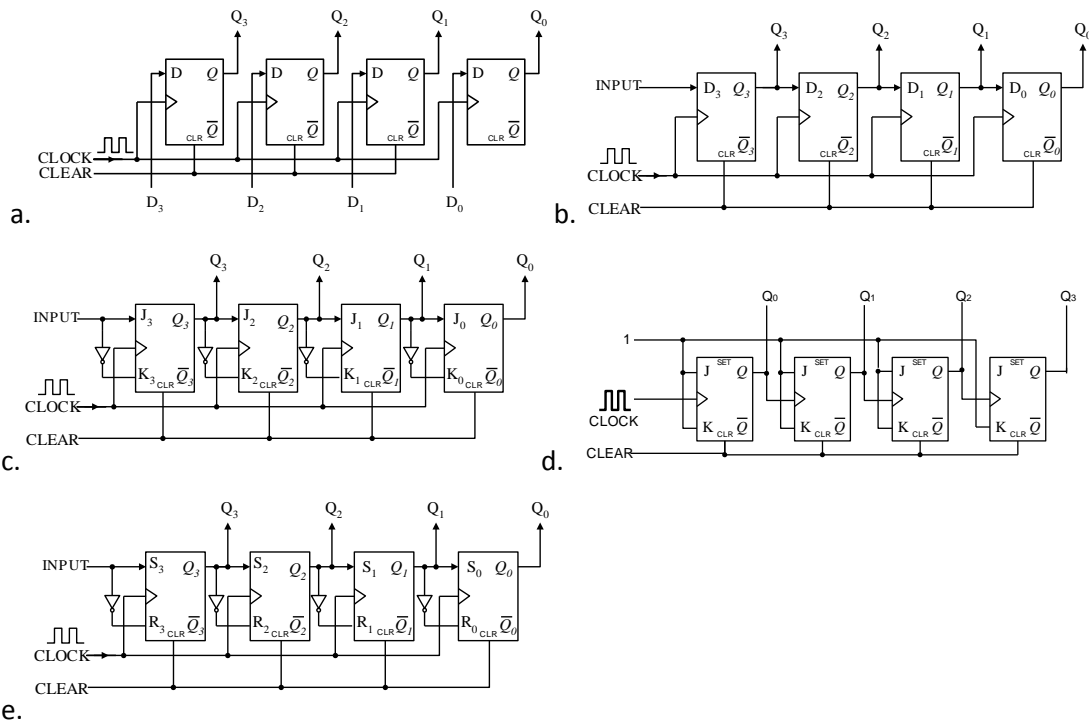
77. Perhatikan gambar berikut ini:



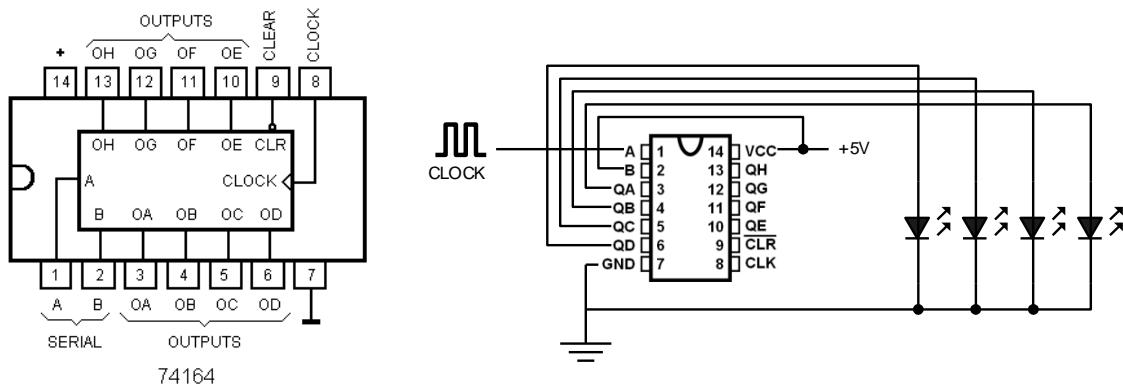
Untuk menyimpan data 1001 ke dalam register, pemberian sinyal yang benar adalah:

- CLEAR=0, LOAD=1, CLOCK=1
- CLEAR=1, LOAD=1, CLOCK=1
- CLEAR=0, LOAD=0, CLOCK=1
- CLEAR=1, LOAD=0, CLOCK=1
- CLEAR=0, LOAD=1, CLOCK=0

78. Berikut ini adalah rangkaian register kecuali:



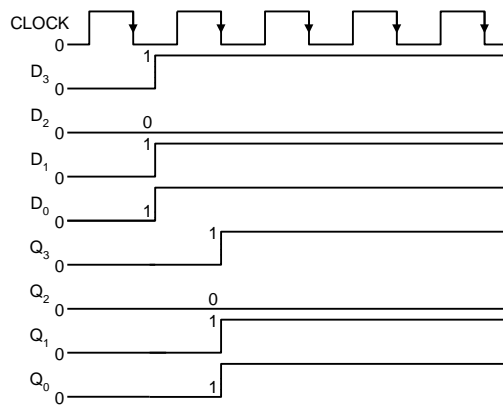
79. Perhatikan gambar berikut ini:



Gambar sebelah kanan adalah rangkaian register menggunakan IC74164 jenis:

- PIPO
- SIPO
- PISO
- SISO
- Register paralel

80. Diagram waktu di bawah ini menggambarkan proses penyimpanan data pada register:



- Register Seri
- SIPO
- PISO
- SISO
- PIPO

Lampiran 7 Soal *Post-Test* Praktik Teknik Digital

Soal *Post-Test* Praktik Teknik Digital

Soal *post-test* materinya sama dengan soal *pre-test*, hanya beberapa nomornya saling ditukar seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel Hubungan Nomor Butir *Post-Test* dan *Pre-Test*

Nomor Soal <i>Pre- Test</i>	Nomor Soal <i>Post-Test</i>	Nomor Soal <i>Pre- Test</i>	Nomor Soal <i>Post-Test</i>	Nomor Soal <i>Pre- Test</i>	Nomor Soal <i>Post-Test</i>	Nomor Soal <i>Pre- Test</i>	Nomor Soal <i>Post-Test</i>
1	2	21	24	41	41	61	61
2	3	22	26	42	42	62	63
3	5	23	22	43	43	63	62
4	1	24	25	44	44	64	65
5	6	25	21	45	45	65	64
6	4	26	23	46	46	66	66
7	7	27	27	47	47	67	68
8	10	28	29	48	48	68	67
9	8	29	30	49	49	69	70
10	9	30	28	50	50	70	69
11	12	31	31	51	51	71	71
12	11	32	32	52	53	72	72
13	13	33	33	53	54	73	73
14	14	34	34	54	52	74	74
15	15	35	35	55	55	75	75
16	16	36	36	56	56	76	76
17	17	37	37	57	57	77	78
18	18	38	38	58	60	78	77
19	19	39	39	59	58	79	80
20	20	40	40	60	59	80	79

Lampiran 8 Instrumen Persepsi Dalam Aspek Instruksional

INSTRUMEN PERSEPSI DALAM ASPEK INSTRUKSIONAL TERHADAP PEMBELAJARAN PRAKTIK *ONLINE* DI PERGURUAN TINGGI DENGAN PENDEKATAN KOLABORASI

Petunjuk:

Pengisian angket dilakukan dengan cara (1) memberi tanda silang (X) pada pilihan persepsi yang tersedia di setiap komponen, dan (2) jika diperlukan, memberikan komentar/saran pada setiap komponen.

Kriteria pilihan persepsi adalah:

1. SS: Sangat setuju
2. S: Setuju
3. R: Ragu-ragu
4. TS: Tidak setuju
5. STS: sangat tidak setuju

Komponen	Kriteria	Pilihan Persepsi					Komentar/ Saran
Kejelasan Kompetensi Dasar dan Tujuan	Pembelajaran praktik <i>online</i> ini mencantumkan kompetensi dasar yang harus dicapai oleh mahasiswa	SS	S	R	TS	STS	
	Pembelajaran praktik <i>online</i> ini mencantumkan tujuan yang akan dicapai pada setiap topik	SS	S	R	TS	STS	
	Tujuan pembelajaran dirumuskan secara sederhana dan operasional	SS	S	R	TS	STS	
	Rumusan tujuan pembelajaran menggunakan bahasa yang komunikatif	SS	S	R	TS	STS	
	Rumusan tujuan pembelajaran memotivasi mahasiswa untuk mencapainya secara bertahap	SS	S	R	TS	STS	
	Rumusan tujuan pembelajaran menunjukkan tahap-tahap yang jelas menuju pencapaian kompetensi	SS	S	R	TS	STS	
	Sebelum praktik dilaksanakan, mahasiswa telah mengerti tujuan yang ingin dicapai	SS	S	R	TS	STS	
Kejelasan Petunjuk Belajar	Panduan pembelajaran praktik <i>online</i> ini mudah dipelajari	SS	S	R	TS	STS	
	Panduan penggunaan simulator pada pembelajaran praktik <i>online</i> ini mudah dipelajari	SS	S	R	TS	STS	
	Panduan praktik teknik digital pada pembelajaran <i>online</i> ini mudah dipelajari	SS	S	R	TS	STS	

Kemudahan Memahami Materi dan Melaksanakan Praktik	Materi yang tersedia dalam pembelajaran praktik <i>online</i> ini mudah dipelajari	SS	S	R	TS	STS	
	Materi-materinya menggunakan bahasa yang komunikatif	SS	S	R	TS	STS	
	Setelah selesai melaksanakan pembelajaran praktik <i>online</i> ini mahasiswa memperoleh tambahan pengetahuan	SS	S	R	TS	STS	
	Praktik <i>online</i> ini lebih mudah dijalankan dibandingkan praktik menggunakan peralatan laboratorium real	SS	S	R	TS	STS	
Keluasan dan kedalaman materi	Materi yang disediakan oleh pembelajaran praktik <i>online</i> ini telah sesuai untuk semester yang sedang berjalan	SS	S	R	TS	STS	
	Materi yang disediakan tidak terlalu sulit	SS	S	R	TS	STS	
	Materi yang disediakan tidak terlalu mudah	SS	S	R	TS	STS	
Ketepatan urutan penyajian	Penyajian materi secara bertahap dari mudah ke arah yang sulit, dari sederhana ke arah yang lebih rumit, atau dari bersifat konkrit ke abstrak	SS	S	R	TS	STS	
	Penyajian materinya menarik minat dan perhatian mahasiswa	SS	S	R	TS	STS	
	Penjelasan materi, dilakukan secara sistematis sehingga mudah dipahami	SS	S	R	TS	STS	
	Uraian materinya mencerminkan hubungan yang erat antar topik	SS	S	R	TS	STS	
Interaktivitas	Pembelajaran praktik <i>online</i> mampu mendorong mahasiswa untuk saling bekerjasama dalam kelompok	SS	S	R	TS	STS	
	Pembelajaran praktik <i>online</i> mampu menciptakan interaksi yang tinggi antar mahasiswa dengan komputer	SS	S	R	TS	STS	

Fleksibilitas	Pembelajaran praktik <i>online</i> ini terasa lebih fleksibel karena dapat dilaksanakan kapan dan di mana saja	SS	S	R	TS	STS	
	Mengikuti praktik dengan cara <i>online</i> ini lebih menyenangkan dibandingkan praktik menggunakan laboratorium real	SS	S	R	TS	STS	
Ketepatan Evaluasi	Pembelajaran ini menyediakan soal-soal pre-test dan post-test yang sesuai dengan tujuan pembelajaran pada masing-masing praktik	SS	S	R	TS	STS	
	Soal-soal yang disajikan dapat memperkuat penguasaan materi	SS	S	R	TS	STS	
	Materi soal-soal sesuai dengan konsep-konsep materi yang diberikan pada kegiatan praktik	SS	S	R	TS	STS	
	Soal-soal yang diberikan dapat mendorong mahasiswa berfikir kritis, logis, sistematis dan analitis	SS	S	R	TS	STS	
	Tingkat kesulitan soal-soal diberikan secara gradual dari mudah ke tingkat yang lebih sulit	SS	S	R	TS	STS	

Lampiran 9 Instrumen Persepsi Dalam Aspek Tampilan Produk

INSTRUMEN PERSEPSI DALAM ASPEK TAMPILAN PRODUK TERHADAP PEMBELAJARAN PRAKTIK *ONLINE* DI PERGURUAN TINGGI DENGAN PENDEKATAN KOLABORASI

Petunjuk:

Pengisian angket dilakukan dengan cara (1) memberi tanda silang (X) pada pilihan persepsi yang tersedia di setiap komponen, dan (2) jika diperlukan, memberikan komentar/saran pada setiap komponen.

Kriteria pilihan persepsi adalah:

1. SS: Sangat setuju
2. S: Setuju
3. R: Ragu-ragu
4. TS: Tidak setuju
5. STS: sangat tidak setuju

Komponen	Kriteria	Pilihan Persepsi					Komentar/ Saran
Kejelasan Petunjuk Penggunaan	Pembelajaran praktik <i>online</i> ini mencantumkan petunjuk penggunaan	SS	S	R	TS	STS	
	Petunjuk penggunaan pembelajaran praktik <i>online</i> ini mudah dipelajari	SS	S	R	TS	STS	
	Petunjuk penggunaan pembelajaran praktik <i>online</i> ini mudah diterapkan	SS	S	R	TS	STS	
	Petunjuk penggunaan simulator <i>breadboard</i> mudah dipelajari	SS	S	R	TS	STS	
	Petunjuk penggunaan program Team Viewer untuk mendukung kerja kolaborasi mudah dipelajari	SS	S	R	TS	STS	
	Petunjuk penggunaan portal praktik <i>online</i> mudah dipelajari	SS	S	R	TS	STS	
Keterbacaan	Tampilan huruf pada portal laboratorium virtual sebagai sarana praktik <i>online</i> mudah dibaca	SS	S	R	TS	STS	
	Tampilan huruf pada program simulator <i>breadboard</i> sebagai sarana praktik <i>online</i> mudah dibaca	SS	S	R	TS	STS	
	Tampilan huruf pada program Team Viewer sebagai sarana kerja kolaborasi <i>online</i> mudah dibaca	SS	S	R	TS	STS	

Kualitas Tampilan Gambar	Kualitas tampilan gambar pada portal laboratorium virtual sebagai sarana praktik <i>online</i> baik	SS	S	R	TS	STS	
	Kualitas tampilan gambar simulator <i>breadboard</i> sebagai sarana praktik <i>online</i> baik	SS	S	R	TS	STS	
	Kualitas tampilan gambar pada program Team Viewer sebagai sarana kerja kolaborasi <i>online</i> baik	SS	S	R	TS	STS	
Komposisi Warna	Komposisi warna pada portal laboratorium virtual sebagai sarana praktik <i>online</i> baik dan enak dipandang	SS	S	R	TS	STS	
	Komposisi warna pada simulator <i>breadboard</i> sebagai sarana praktik <i>online</i> baik dan enak dipandang	SS	S	R	TS	STS	
	Komposisi warna pada program Team Viewer sebagai sarana kerja kolaborasi <i>online</i> baik dan enak dipandang	SS	S	R	TS	STS	
Kualitas Fasilitas Komunikasi	Pembelajaran ini menyediakan fasilitas chatting yang mudah digunakan dan memberikan respons yang cepat	SS	S	R	TS	STS	
	Fasilitas video conference dapat digunakan dengan baik dan lancar	SS	S	R	TS	STS	
	Komunikasi suara berlangsung dengan lancar dan jernih	SS	S	R	TS	STS	
	Pembelajaran ini menyediakan fasilitas pengiriman <i>file</i> yang baik	SS	S	R	TS	STS	
Kemudahan Operasi	Portal laboratorium virtual sebagai sarana praktik <i>online</i> menyediakan menu-menu yang mudah dioperasikan	SS	S	R	TS	STS	
	Simulator <i>breadboard</i> sebagai sarana praktik <i>online</i> menyediakan menu-menu yang mudah dioperasikan	SS	S	R	TS	STS	
	Program <i>team Viewer</i> sebagai sarana kerja kolaborasi <i>online</i> menyediakan menu-menu yang mudah dioperasikan	SS	S	R	TS	STS	

Lampiran 10 Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Model

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Model

Komponen Validasi	Skor										
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Butir 8	Total	Maks.	% Total
Identifikasi masalah	3	3	4	4	4	4	-	-	22	24	91.7%
Penentuan jenis Produk	4	4	4	4	4	4	-	-	24	24	100.0%
Tujuan program	4	4	-	-	-	-	-	-	8	8	100.0%
Struktur dan komponen Model	4	4	4	4	4	4	4	4	32	32	100.0%
Kelengkapan Model	3	3	3	-	-	-	-	-	9	12	75.0%
Total	18	18	15	12	12	12	4	4	95	100	95.0%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Model

Nomor	Komentar/Saran
1	Perlu dipertegas bahwa produk yang dihasilkan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari jika persyaratan terpenuhi
2	Istilah Pengembangan pada judul Bagian II Panduan Model diganti dengan judul Tujuan dan Lingkup Model.

Lampiran 11 Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Model

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Model

Komponen Validasi	Skor										
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Butir 8	Total	Maks.	%Total
Identifikasi masalah	3	4	4	3	3	3	-	-	20	24	83.3%
Penentuan jenis Produk	3	3	3	3	3	3	-	-	18	24	75.0%
Tujuan program	4	3	-	-	-	-	-	-	7	8	87.5%
Struktur dan komponen Model	3	3	3	3	3	3	3	3	24	32	75.0%
Kelengkapan Model	3	3	3	-	-	-	-	-	9	12	75.0%
Total	16	16	13	9	9	9	3	3	78	100	78.0%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Model

Nomor	Komentar/Saran
1	Karakteristik matakuliah perlu dipertimbangkan dalam mengimplementasikan model
2	Perlu diuraikan perbedaan-perbedaan model yang dikembangkan dengan model-model yang telah ada sebelumnya
3	Pada panduan model perlu dijelaskan cara yang dilakukan oleh simulator dalam menerapkan konsep <i>floating input</i> untuk gerbang logika jenis <i>tansistor-transistor logic</i> (TTL)

Lampiran 12 Data Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Model

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Model

Komponen Validasi	Skor										
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Butir 8	Total	Maks.	%Total
Identifikasi masalah	3	4	3	3	3	4	-	-	20	24	83.3%
Penentuan jenis Produk	4	3	3	3	4	4	-	-	21	24	87.5%
Tujuan program	4	4	-	-	-	-	-	-	8	8	100.0%
Struktur dan komponen Model	4	4	4	4	4	4	4	4	32	32	100.0%
Kelengkapan Model	4	4	3	-	-	-	-	-	11	12	91.7%
Total	19	19	13	10	11	12	4	4	92	100	92.0%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Model

Nomor	Komentar/Saran
1	Perlu dikemukakan lebih eksplisit jenis-jenis dan pihak-pihak yang telah menggunakan model sebelumnya

Lampiran 13 Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Model

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Model

Komponen Validasi	Skor										
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Butir 8	Total	Maks.	%Total
Identifikasi masalah	3	4	3	4	3	4	-	-	21	24	87.5%
Penentuan jenis Produk	4	4	3	4	4	4	-	-	23	24	95.8%
Tujuan program	4	3	-	-	-	-	-	-	7	8	87.5%
Struktur dan komponen Model	4	4	3	3	3	4	4	3	28	32	87.5%
Kelengkapan Model	4	3	4	-	-	-	-	-	11	12	91.7%
Total	19	18	13	11	10	12	4	3	90	100	90.0%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Desain Instruksional Terhadap Model

Nomor	Komentar/Saran
1	Hubungan antara model inkuiri terbimbing dengan aktivitas pertemuan perlu lebih diperjelas

Ringkasan Data Kuantitatif Konsensus Ahli Terhadap Model

Komponen Validasi	Skor Ahli				
	Pembelajaran Multimedia	Bidang Studi	E-Learning	Desin Instruksional	Rerata
Indentifikasi Masalah	91,7%	83,3%	83,3%	87,5%	86,5%
Penentuan jenis Produk	100,0%	75,0%	87,5%	95,8%	89,6%
Tujuan program	100,0%	87,5%	100,0%	87,5%	93,8%
Struktur dan komponen Model	100,0%	75,0%	100,0%	87,5%	90,6%
Kelengkapan Model	75,0%	75,0%	91,7%	91,7%	83,3%
Total	95,0%	78,0%	92,0%	90,0%	88,8%

Lampiran 14 Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Identitas Matakuliah/ Praktik	4	4	4	4	4	-	20	20	100,0%
Kompetensi Belajar dan Indikator Hasil Belajar	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Materi	4	4	4	4	4	-	20	20	100,0%
Aktivitas Mahasiswa Dalam Pem-belajaran	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Aktivitas Dosen Dalam Pembelajaran	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Penilaian Pembelajaran	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Rujukan	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	28	28	24	16	12	4	112	112	100,0%

Lampiran 15 Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital
Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Identitas Matakuliah/ Praktik	4	3	3	3	4	-	17	20	85,0%
Kompetensi Belajar dan Indikator Hasil Belajar	4	3	3	3	3	3	19	24	79,2%
Materi	3	3	3	3	3		15	20	75,0%
Aktivitas Mahasiswa Dalam Pem-belajaran	4	3	3	-	-	-	10	12	83,3%
Aktivitas Dosen Dalam Pembelajaran	4	3	3	-	-	-	10	12	83,3%
Penilaian Pembelajaran	3	3	3	3	-	-	12	16	75,0%
Rujukan	4	3	-	-	-	-	7	8	87,5%
Total	28	28	24	16	12	4	90	112	80,4%

Lampiran 16 Data Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Identitas Matakuliah/ Praktik	4	4	4	4	4	-	20	20	100,0%
Kompetensi Belajar dan Indikator Hasil Belajar	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Materi	4	4	4	3	4	-	19	20	95,0%
Aktivitas Mahasiswa Dalam Pembelajaran	3	3	3	-	-	-	9	12	75,0%
Aktivitas Dosen Dalam Pembelajaran	3	3	3	-	-	-	9	12	75,0%
Penilaian Pembelajaran	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Rujukan	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	26	26	22	15	12	4	105	112	93,8%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Nomor	Komentar/Saran
1	Aspek media pembelajaran perlu dicantumkan
2	Alokasi waktu untuk setiap aktivitas belum terlihat secara eksplisit
3	Belum terlihat adanya keaktifan atau interaksi seperti diskusi mahasiswa dalam proses pembelajaran

Lampiran 17 Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Identitas Matakuliah/Praktik	4	4	4	3	4	-	19	20	95,0%
Kompetensi Belajar dan Indikator Hasil Belajar	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Materi	2	3	4	4	4	-	17	20	85,0%
Aktivitas Mahasiswa Dalam Pembelajaran	4	3	4	-	-	-	11	12	91,7%
Aktivitas Dosen Dalam Pembelajaran	4	3	3	-	-	-	10	12	83,3%
Penilaian Pembelajaran	4	3	3	4	-	-	14	16	87,5%
Rujukan	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	26	24	22	15	12	4	103	112	92,0%

Ringkasan Data Kuantitatif Konsensus Ahli Terhadap Perangkat Pembelajaran SAP

Komponen Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran	Ahli Bidang Studi	Ahli Pembelajaran Elearning	Ahli Desain Instruksional	Rerata
Identitas Praktik	100,0%	85,0%	100,0%	95,0%	95,0%
Kompetensi dan Indikator Hasil Belajar	100,0%	79,2%	100,0%	100,0%	94,8%
Materi	100,0%	75,0%	95,0%	85,0%	88,8%
Aktivitas Mahasiswa	100,0%	83,3%	75,0%	91,7%	87,5%
Aktivitas Dosen	100,0%	83,3%	75,0%	83,3%	85,4%
Penilaian	100,0%	75,0%	100,0%	87,5%	90,6%
Rujukan	100,0%	87,5%	100,0%	100,0%	96,9%
Total	100,0%	80,4%	93,8%	92,0%	91,5%

Lampiran 18 Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Komponen Validasi	Skor									
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Total	Maks .	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	-	11	12	91,7%
Kompetensi Dasar dan Tujuan	3	3	4	4	4	4	-	22	24	91,7%
Materi	4	3	3	3	3	4	4	24	28	85,7%
Grafika	4	4	4	4	4	4	-	24	24	100,0%
Penyajian	4	4	4	4	-	-	-	16	16	100,0%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	-	8	8	100,0%
Perangkat Evaluasi	4	4	4	4	4	-	-	20	20	100,0%
Rujukan	4	4	-	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	31	30	22	19	15	12	4	133	140	95,0%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Nomor	Komentar/Saran
1	Halaman yang berisi uraian tentang kompetensi dasar, tujuan pembelajaran dan garis besar materi tidak perlu diberi judul bab
2	Agar lebih jelas, gambar-gambar perlu diperbesar dan dibuat berwarna sehingga lebih menarik

Lampiran 19 Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Komponen Validasi	Skor									
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	3	3	-	-	-	-	10	12	83,3%
Kompetensi Dasar dan Tujuan	3	3	4	4	3	3	-	20	24	83,3%
Materi	4	3	3	4	3	3	3	23	28	82,1%
Grafika	3	3	2	3	3	3	-	17	24	70,8%
Penyajian	4	3	3	3	-	-	-	13	16	81,3%
Bahasa	3	3	-	-	-	-	-	6	8	75,0%
Perangkat Evaluasi	3	3	3	3	3	-	-	15	20	75,0%
Rujukan	3	3	-	-	-	-	-	6	8	75,0%
Total	27	24	18	17	12	9	3	110	140	78,6%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Nomor	Komentar/Saran
1	Pada beberapa bagian perlu ditambahkan ilustrasi, agar memudahkan mahasiswa dalam mempelajari materi-materi dalam buku ajar
2	Pada Bab I, perlu dilengkapi dengan penjelasan tentang: (1) ragam tegangan rangkaian digital untuk TTL (5 V dan 3,3 V) serta CMOS, (2) definisi tegangan masukan untuk logika tinggi dan rendah (V_{IH} dan V_{IL}) serta tegangan keluaran (V_{OH} dan V_{OL}), (3) definisi <i>noise margin</i> dan penerapannya, (4) watak <i>floating input</i> pada gerbang TTL, (5) teknik pengantarmukaan antara rangkaian digital CMOS dengan TTL, TTL dengan CMOS, dan antar TTL dengan level catu daya berbeda (5V dan 3,3V), (6) sifat keluaran gerbang TTL (<i>open collector</i> dan <i>totem pole</i>) serta teknik pemanfaatannya, (7) definisi <i>fan-in</i> dan <i>fan-out</i> , dan (8) <i>propagation delay</i>
3	Pada Bab II: (1) di halaman 10, butir 1.b. penulisan 20 seharusnya 2 ⁰
4	Pada bab II: di halaman 16, penjelasan gambar 14 perlu ditambahkan secara lebih detil agar mudah dipahami
5	Pada Bab VII: pencacah jenis <i>Ring</i> dan <i>Johnson</i> perlu dikenalkan
6	Pada bab akhir perlu dilengkapi dengan uraian tentang pentingnya pemasangan kapasitor <i>bypass</i> sedekat mungkin pada kaki <i>power supply</i> setiap IC logika yang digunakan

Lampiran 20 Data Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Komponen Validasi	Skor							Total	Maks.	% Total
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7			
Sampul	4	4	3	-	-	-	-	11	12	91,7%
Kompetensi Dasar dan Tujuan	4	4	4	4	3	3	-	22	24	91,7%
Materi	4	4	4	4	4	4	3	27	28	96,4%
Grafika	3	4	2	4	4	4	-	21	24	87,5%
Penyajian	4	3	3	3	-	-	-	13	16	81,3%
Bahasa	4	3	-	-	-	-	-	7	8	87,5%
Perangkat Evaluasi	4	4	4	3	3	-	-	18	20	90,0%
Rujukan	4	26	20	18	14	11	3	6	8	75,0%
Total	31	52	40	36	28	22	6	125	140	89,3%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Beberapa gambar dan tabel masih kurang penjelasan
3	Perlu dipertimbangkan penggunaan beberapa tipe soal, seperti pilihan ganda atau menjodohkan
4	Referensi belum terlihat diacu pada bagian-bagian buku ajar
5	Perlu ditambahkan aplikasi atau produk yang menggunakan atau memanfaatkan rangkaian digital sebagai pembuka buku. Hal ini cukup penting agar mahasiswa memiliki gambaran tentang pemakaian rangkaian digital
6	Perlu adanya analogi atau perumpamaan untuk lebih memberikan pemahaman kepada mahasiswa, terutama dalam menjelaskan proses-proses yang cukup rumit
7	Beberapa gambar hendaknya didukung oleh penjelasan yang cukup memadai, sehingga mahasiswa merasa terbantu ketika memakainya

Lampiran 21 Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Komponen Validasi	Skor							Total	Maks.	% Total
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Butir 7			
Sampul	4	4	3	-	-	-	-	11	12	91,7%
Kompetensi Dasar dan Tujuan	4	4	4	4	4	4	-	24	24	100,0%
Materi	4	4	4	4	4	4	4	28	28	100,0%
Grafika	3	4	4	4	4	4	-	23	24	95,8%
Penyajian	4	4	4	4	-	-	-	16	16	100,0%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	-	8	8	100,0%
Perangkat Evaluasi	4	4	4	3	4	-	-	19	20	95,0%
Rujukan	4	4	-	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	31	32	23	19	16	12	4	137	140	97,9%

Ringkasan Data Kuantitatif Konsensus Ahli Terhadap Perangkat Pembelajaran Buku Ajar Teknik Digital

Komponen Validasi	Ahli Multimedia Pembelajaran	Ahli Bidang Studi	Ahli Pembelajaran <i>Elearning</i>	Ahli Desain Instruksional	Rerata
Sampul	91,7%	83,3%	91,7%	91,7%	89,6%
Kompetensi Dasar & Tujuan	91,7%	83,3%	91,7%	100,0%	91,7%
Materi	85,7%	82,1%	96,4%	100,0%	91,1%
Grafika	100,0%	70,8%	87,5%	95,8%	88,5%
Penyajian	100,0%	81,3%	81,3%	100,0%	90,6%
Bahasa	100,0%	75,0%	87,5%	100,0%	90,6%
Perangkat Evaluasi	100,0%	75,0%	90,0%	95,0%	90,0%
Rujukan	100,0%	75,0%	75,0%	100,0%	87,5%
Total	95,0%	78,6%	89,3%	97,9%	90,2%

Lampiran 22 Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Grafika	3	3	4	4	4	4	22	24	91,7%
Penyajian	3	3	4	4	-	-	14	16	87,5%
Bahasa	3	4	-	-	-	-	7	8	87,5%
Total	17	18	16	12	4	4	71	76	93,4%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Nomor	Komentar/Saran
1	Judul perlu diperjelas misalnya menjadi Panduan enggunaan/Pengoperasian Simulator <i>Breadboard</i>

Lampiran 23 Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	3	3	3	3	-	-	12	16	75,0%
Grafika	3	3	4	3	4	3	20	24	83,3%
Penyajian	3	3	3	3	-	-	12	16	75,0%
Bahasa	3	3	-	-	-	-	6	8	75,0%
Total	16	16	13	9	4	3	61	76	80,3%

Lampiran 24 Data Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	2	-	-	-	10	12	83,3%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Grafika	4	3	3	4	4	3	21	24	87,5%
Penyajian	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Bahasa	4	3	-	-	-	-	7	8	87,5%
Total	20	18	13	12	4	3	70	76	92,1%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah
3	Pada halaman 17 perlu ditambah ilustrasi

Lampiran 25 Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Desain Instruksional
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Komponen Validasi	Skor						Total	Maks.	% Total
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6			
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	4	4	3	-	-	15	16	93,8%
Grafika	3	4	4	4	4	4	23	24	95,8%
Penyajian	4	3	3	3	-	-	13	16	81,3%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	19	19	14	10	4	4	70	76	92,1%

Ringkasan Data Kuantitatif Konsensus Ahli
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Komponen Validitas	Ahli Multimedia Pembelajaran	Ahli Bidang Studi	Ahli Pembelajaran Elearning	Ahli Desain Instruksional	Rerata
Sampul	100,0%	91,7%	83,3%	91,7%	91,7%
Materi	100,0%	75,0%	100,0%	93,8%	92,2%
Grafika	91,7%	83,3%	87,5%	95,8%	89,6%
Penyajian	87,5%	75,0%	100,0%	81,3%	85,9%
Bahasa	87,5%	75,0%	87,5%	100,0%	87,5%
Total	93,4%	80,3%	92,1%	92,1%	89,5%

Lampiran 26 Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Perangkat Pembelajaran
Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Grafika	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Penyajian	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	20	20	16	12	4	4	76	76	100,0%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Nomor	Komentar/Saran
1	Sebagai panduan, buku terlalu tebal

Lampiran 27 Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3				11	12	91,7%
Materi	3	3	3	3			12	16	75,0%
Grafika	4	3	3	3	3	3	19	24	79,2%
Penyajian	3	3	3	3			12	16	75,0%
Bahasa	3	3					6	8	75,0%
Total	17	16	12	9	3	3	60	76	78,9%

Lampiran 28 Data Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Grafika	4	3	4	4	4	3	22	24	91,7%
Penyajian	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	20	19	15	12	4	3	73	76	96,1%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah

Lampiran 29 Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Desain Instruksional
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	4	4	3	-	-	15	16	93,8%
Grafika	3	4	4	4	4	4	23	24	95,8%
Penyajian	4	3	4	3	-	-	14	16	87,5%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	19	19	15	10	4	4	71	76	93,4%

Ringkasan Data Kuantitatif Konsensus Ahli
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Dosen

Komponen Validitas	Ahli Multimedia Pembelajaran	Ahli Bidang Studi	Ahli Pembelajaran Elearning	Ahli Desain Instruksional	Rerata
Sampul	100,0%	91,7%	91,7%	91,7%	93,8%
Materi	100,0%	75,0%	100,0%	93,8%	92,2%
Grafika	100,0%	79,2%	91,7%	95,8%	91,7%
Penyajian	100,0%	75,0%	100,0%	87,5%	90,6%
Bahasa	100,0%	75,0%	100,0%	100,0%	93,8%
Total	100,0%	78,9%	96,1%	93,4%	92,1%

Lampiran 30 Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Perangkat Pembelajaran
Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Grafika	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Penyajian	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	20	20	16	12	4	4	76	76	100,0%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Nomor	Komentar/Saran
1	Literatur perlu dicantumkan pada setiap buku pedoman

Lampiran 31 Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	3	3	3	3	-	-	12	16	75,0%
Grafika	4	4	4	3	3	3	21	24	87,5%
Penyajian	3	3	3	3	-	-	12	16	75,0%
Bahasa	3	3	-	-	-	-	6	8	75,0%
Total	17	17	13	9	3	3	62	76	81,6%

Lampiran 32 Data Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Grafika	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Penyajian	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Bahasa	4	3	-	-	-	-	7	8	87,5%
Total	20	19	15	12	4	4	74	76	97,4%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Penyajian cukup menarik dan mudah dipahami

Lampiran 33 Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Desain Instruksional
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	4	4	3	-	-	15	16	93,8%
Grafika	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Penyajian	4	3	3	3	-	-	13	16	81,3%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	20	19	14	10	4	4	71	76	93,4%

Ringkasan Data Kuantitatif Konsensus Ahli
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Instruktur

Komponen Validitas	Ahli Multimedia Pembelajaran	Ahli Bidang Studi	Ahli Pembelajaran Elearning	Ahli Desain Instruksional	Rerata
Sampul	100,0%	91,7%	91,7%	91,7%	93,8%
Materi	100,0%	75,0%	100,0%	93,8%	92,2%
Grafika	100,0%	87,5%	100,0%	100,0%	96,9%
Penyajian	100,0%	75,0%	100,0%	81,3%	89,1%
Bahasa	100,0%	75,0%	87,5%	100,0%	90,6%
Total	100,0%	81,6%	97,4%	93,4%	93,1%

Lampiran 34 Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Perangkat Pembelajaran
Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Grafika	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Penyajian	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	20	20	16	12	4	4	76	76	100,0%

Lampiran 35 Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Materi	3	3	3	3	-	-	12	16	75,0%
Grafika	3	4	4	3	3	3	20	24	83,3%
Penyajian	4	3	3	3	-	-	13	16	81,3%
Bahasa	4	3	-	-	-	-	7	8	87,5%
Total	18	17	14	9	3	3	64	76	84,2%

Lampiran 36 Data Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Grafika	4	3	3	4	4	3	21	24	87,5%
Penyajian	4	3	3	3	-	-	13	16	81,3%
Bahasa	4	3	-	-	-	-	7	8	87,5%
Total	20	17	13	11	4	3	68	76	89,5%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Beberapa nomor tabel/gambar tidak diacu dalam naskah
3	Pada beberapa bagian khususnya uraian tentang <i>download</i> panduan praktik perlu diberi ilustrasi untuk menambah pemahaman mahasiswa
4	Perlu ditambahkan contoh tampilan untuk satu sesi praktik agar mahasiswa terbantu dalam memahami isi praktik

Lampiran 37 Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Desain Instruksional
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	4	4	3	-	-	15	16	93,8%
Grafika	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Penyajian	4	4	3	3	-	-	14	16	87,5%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Total	20	20	14	10	4	4	72	76	94,7%

Ringkasan Data Kuantitatif Konsensus Ahli
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik *Online* Untuk Mahasiswa

Komponen Validitas	Ahli Multimedia Pembelajaran	Ahli Bidang Studi	Ahli Pembelajaran Elearning	Ahli Desain Instruksional	Rerata
Sampul	100,0%	100,0%	91,7%	91,7%	95,8%
Materi	100,0%	75,0%	100,0%	93,8%	92,2%
Grafika	100,0%	83,3%	87,5%	100,0%	92,7%
Penyajian	100,0%	81,3%	81,3%	87,5%	87,5%
Bahasa	100,0%	87,5%	87,5%	100,0%	93,8%
Total	100,0%	84,2%	89,5%	94,7%	92,1%

Lampiran 38 Data Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Multimedia Pembelajaran
Terhadap Perangkat Pembelajaran
Panduan Praktik Teknik Digital

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Penyajian	4	4	4	4	4	4	24	24	100,0%
Bahasa	3	3	-	-	-	-	6	8	75,0%
Evaluasi	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Total	19	19	16	8	4	4	70	72	97,2%

Lampiran 39 Data Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Bidang Studi Teknik Digital
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	3	3	-	-	-	10	12	83,3%
Materi	3	3	3	3	-	-	12	16	75,0%
Penyajian	4	3	3	3	3	3	19	24	79,2%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Evaluasi	3	3	3	-	-	-	9	12	75,0%
Total	18	16	12	6	3	3	58	72	80,6%

Lampiran 40 Data Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning* Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	3	4	4	-	-	15	16	93,8%
Penyajian	4	3	4	3	3	4	21	24	87,5%
Bahasa	4	3	-	-	-	-	7	8	87,5%
Evaluasi	4	4	4	-	-	-	12	12	100,0%
Total	20	17	15	7	3	4	66	72	91,7%

Data Kualitatif Saran/Komentar Ahli Pembelajaran *E-Learning*
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Nomor	Komentar/Saran
1	Sampul cukup simpel, namun kurang artistik
2	Pada beberapa bagian, tugas pendahuluan terlalu banyak
3	Perlu ditambahkan contoh tabel pengamatan
4	Pemberian nomor gambar tidak diacu dalam panduan
5	Perlu ditambahkan contoh tampilan satu sesi praktik
6	Kata-kata asing perlu ditulis miring

Lampiran 41 Data Konsensus Ahli Desain Instruksional Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Data Kuantitatif Konsensus Ahli Desain Instruksional
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Komponen Validasi	Skor								
	Butir 1	Butir 2	Butir 3	Butir 4	Butir 5	Butir 6	Total	Maks.	% Total
Sampul	4	4	3	-	-	-	11	12	91,7%
Materi	4	4	4	4	-	-	16	16	100,0%
Penyajian	4	4	3	4	3	4	22	24	91,7%
Bahasa	4	4	-	-	-	-	8	8	100,0%
Evaluasi	3	3	3	-	-	-	9	12	75,0%
Total	19	19	13	8	3	4	66	72	91,7%

Ringkasan Data Kuantitatif Konsensus Ahli
Terhadap Perangkat Pembelajaran Panduan Praktik Teknik Digital

Komponen Validitas	Ahli Multimedia Pembelajaran	Ahli Bidang Studi	Ahli Pembelajaran Elearning	Ahli Desain Instruksional	Rerata
Sampul	100,0%	83,3%	91,7%	91,7%	91,7%
Materi	100,0%	75,0%	93,8%	100,0%	92,2%
Grafika	100,0%	79,2%	87,5%	91,7%	89,6%
Penyajian	75,0%	100,0%	87,5%	100,0%	90,6%
Bahasa	100,0%	75,0%	100,0%	75,0%	87,5%
Total	97,2%	80,6%	91,7%	91,7%	90,3%

Lampiran 42 Data Pengujian Dampak Pembelajaran

Nilai *Pre-Test* Pada Setiap Sesi Praktik

Nomor Subjek	Nilai <i>Pre-Test</i> Sesi Praktik Ke-								Rerata
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	30	30	30	60	30	50	50	70	43,75
2	100	50	50	60	80	40	60	70	63,75
3	70	50	80	60	50	40	60	40	56,25
4	60	40	40	50	30	40	60	10	41,25
5	40	60	80	70	70	50	90	40	62,5
6	20	70	80	80	20	30	40	70	51,25
7	20	50	60	70	40	30	60	30	45
8	80	70	80	60	70	20	10	50	55
9	10	40	10	40	30	20	50	70	33,75
10	80	50	70	60	80	40	30	60	58,75
11	30	50	60	60	50	40	30	40	45
12	70	60	70	80	60	40	60	50	61,25
13	50	20	90	80	40	50	60	40	53,75
14	70	60	90	90	30	30	50	70	61,25
15	90	70	70	90	80	50	50	50	68,75
16	40	50	80	80	40	40	50	70	56,25
17	20	50	80	80	20	50	50	70	52,5
18	100	50	80	90	20	20	60	50	58,75
19	50	50	70	60	50	50	60	40	53,75
20	50	40	70	80	40	40	40	40	50
21	60	30	90	70	50	40	60	70	58,75
22	30	60	70	60	50	50	30	40	48,75
23	60	40	60	60	40	30	50	20	45
24	60	50	60	50	50	30	60	70	53,75
Rerata	53,8	49,6	67,5	68,3	46,7	38,3	50,8	51,3	53,6

Nilai *Post-Test* Pada setiap Sesi Praktik

Nomor Subjek	Nilai <i>Post-Test</i> Sesi Praktik Ke-								Rerata
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	40	50	60	70	50	50	70	50	55
2	100	60	70	70	60	30	100	70	70
3	100	60	40	60	60	50	70	90	66,25
4	70	80	70	70	50	50	60	70	65
5	70	70	100	70	60	60	70	70	71,25
6	30	70	70	90	30	30	100	50	58,75
7	40	80	70	70	50	30	60	30	53,75
8	70	70	90	80	80	50	70	60	71,25
9	30	40	70	40	20	20	40	70	41,25
10	80	70	100	70	70	40	100	60	73,75
11	40	30	70	70	60	50	30	70	52,5
12	80	50	100	60	70	60	30	60	63,75
13	100	60	100	80	40	50	70	100	75
14	60	60	90	80	70	50	70	70	68,75
15	100	60	70	90	80	50	100	40	73,75
16	100	60	70	80	70	60	100	40	72,5
17	100	60	70	90	70	60	100	60	76,25
18	100	90	80	90	80	40	100	50	78,75
19	70	60	70	50	30	50	70	70	58,75
20	50	50	80	70	40	60	60	50	57,5
21	80	40	90	80	50	80	30	70	65
22	70	70	80	70	60	50	60	80	67,5
23	70	50	80	70	40	30	30	40	51,25
24	60	70	70	60	50	40	100	80	66,25
Rerata	71,3	60,8	77,5	72,1	55,8	47,5	70,4	62,5	65,1

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Pada Sesi Praktik Ke-1

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$L\$2:\$L\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$K\$2:\$K\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
Post-test1	71.250	23.831	4.865	61.187	81.313	24
Pre-test 1	53.750	25.844	5.275	42.837	64.663	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	17.500	4.474	3.911	23.000	0.001	

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Pada Sesi Praktik Ke-2

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$U\$2:\$U\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$T\$2:\$T\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
Post-test2	60.833	13.805	2.818	55.004	66.663	24
Pre-test 2	49.583	12.676	2.588	44.231	54.936	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	11.250	3.146	3.576	23.000	0.002	

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Pada Sesi Praktik Ke-3

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$AD\$2:\$AD\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$AC\$2:\$AC\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
Post-test3	77.500	14.521	2.964	71.368	83.632	24
Pre-test 3	67.500	19.393	3.959	59.311	75.689	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	10.000	3.947	2.533	23.000	0.019	

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Pada Sesi Praktik Ke-4

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$AM\$2:\$AM\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$AL\$2:\$AL\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
Post-test4	72.083	12.504	2.552	66.804	77.363	24
Pre-test 4	67.917	13.181	2.691	62.351	73.482	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	4.167	1.989	2.095	23.000	0.047	

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Pada Sesi Praktik Ke-5

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$AV\$2:\$AV\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$AU\$2:\$AU\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
Post-test5	55.833	16.659	3.401	48.799	62.868	24
Pre-test 5	46.667	18.805	3.839	38.726	54.607	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	9.167	4.079	2.247	23.000	0.035	

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Pada Sesi Praktik Ke-6

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$BE\$2:\$BE\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$BD\$2:\$BD\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
Post-test6	47.500	13.270	2.709	41.897	53.103	24
Pre-test 6	38.333	10.072	2.056	34.080	42.586	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	9.167	2.401	3.817	23.000	0.001	

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Pada Sesi Praktik Ke-7

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$BN\$2:\$BN\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$BM\$2:\$BM\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
Post-test7	70.417	25.449	5.195	59.671	81.163	24
Pre-test 7	50.833	15.581	3.180	44.254	57.412	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	19.583	6.064	3.230	23.000	0.004	

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Pada Sesi Praktik Ke-8

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$BW\$2:\$BW\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$BV\$2:\$BV\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
Post-test8	62.500	16.746	3.418	55.429	69.571	24
Pre-test 8	51.250	17.770	3.627	43.747	58.753	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	11.250	4.975	2.261	23.000	0.034	

Ringkasan Analisis Uji Beda Nilai *Post-Test* dan *Pre-Test*
Untuk Semua Sesi Praktik

t-Test Result for Paired Datasets:						
Set 1 Range = Sheet11!\$CF\$2:\$CF\$26						
Set 2 Range = Sheet11!\$CE\$2:\$CE\$26						
Descriptive Statistics						
Variable	Mean	Std Dev.	Std Err	Lower 95% CL	Upper 95% CL	N
post-test	64.740	9.376	1.914	60.781	68.699	24
pre-test	53.281	8.158	1.665	49.836	56.726	24
2-tailed t-Test						
Ho. Diff	Mean Diff.	SE Diff.	T	DF	P	
0.000	11.458	1.294	8.857	23.000	0.000	

Data Nilai Rerata *Pre-Test* dan *Post-Test*
Pada Setiap Sesi praktik

	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Sesi 4	Sesi 5	Sesi 6	Sesi 7	Sesi 8	Rerata
Post-test	71.25	60.83	77.5	72.08	55.83	47.5	70.41	62.5	64.74
Pre-test	53.75	49.58	67.5	67.92	46.67	38.33	50.83	51.25	53.28
Kenaikan Nilai	17.5	11.25	10	4.16	9.16	9.17	19.58	11.25	11.46

Lampiran 43 Data Pengujian Persepsi Subjek Terhadap Produk

Data Persepsi Instruktur Terhadap Produk Pada Aspek Instruksional

Nomor Subjek	Skor Pada Setiap Aspek/Komponen								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	35	15	20	15	20	10	10	25	150
2	28	12	16	12	16	9	8	20	121
3	28	14	13	11	13	6	6	17	108
4	31	13	15	11	16	5	9	24	124
5	29	12	16	12	16	8	10	20	123
6	26	12	10	10	16	6	7	20	107
7	28	13	16	12	14	7	6	17	113
8	26	12	15	12	15	8	9	21	118
9	32	15	18	14	20	10	10	24	143
10	28	12	16	12	16	8	8	20	120
Total	291	130	155	121	162	77	83	208	1227
Skor Maksimum	350	150	200	150	200	100	100	250	1500
%Total	83.1%	86.7%	77.5%	80.7%	81.0%	77.0%	83.0%	83.2%	81.8%

Keterangan:

A: Kejelasan Kompetensi Dasar dan Tujuan

B: Kejelasan Petunjuk Belajar

C: Kemudahan Memahami Materi dan Melaksanakan Praktik

D: Keluasan dan kedalaman materi

E: Ketepatan urutan penyajian

F: Interaktivitas

G: Fleksibilitas

H: Ketepatan Evaluasi

Data Persepsi Mahasiswa Terhadap Produk Pada Aspek Instruksional

Nomor Subjek	Skor Pada Setiap Aspek/Komponen								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	27	10	16	13	16	8	7	20	117
2	14	12	16	12	16	8	8	16	102
3	26	12	10	10	16	6	7	20	107
4	26	12	15	12	16	6	7	19	113
5	21	12	9	10	14	6	7	17	96
6	23	10	15	10	14	5	3	20	100
7	29	11	16	11	14	9	10	21	121
8	30	12	16	12	14	8	8	20	120
9	27	10	13	10	13	7	7	18	105
10	23	12	16	15	17	8	8	20	119
11	29	11	16	11	14	9	10	21	121
12	23	9	14	10	14	5	4	19	98
13	21	12	13	11	16	8	7	18	106
14	25	11	12	12	14	6	8	20	108
15	20	12	13	11	16	8	7	18	105
16	21	12	13	11	16	8	7	18	106
17	27	10	16	13	16	8	7	20	117
18	30	12	14	12	17	7	8	20	120
19	30	13	16	14	19	9	10	24	135
20	24	12	11	7	12	8	6	16	96
21	20	10	11	10	15	8	5	20	99
22	20	10	11	11	15	8	5	20	100
Total	536	247	302	248	334	163	156	425	2411
Skor Maksimum	770	330	440	330	440	220	220	550	3300
%Total	69,6%	74,8%	68,6%	75,2%	75,9%	74,1%	70,9%	77,3%	73,1%

Data Persepsi Gabungan Instruktur dan Mahasiswa
Terhadap Produk Pada Aspek Instruksional

Kelompok Subjek	Skor Total Pada Setiap Aspek/Komponen								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Instruktur	291	130	155	121	162	77	83	208	1227
Mahasiswa	536	247	302	248	334	163	156	425	2411
Total	827	377	457	369	496	240	239	633	3638
Skor Maksimum	1120	480	640	480	640	320	320	800	4800
% Total	73,8%	78,5%	71,4%	76,9%	77,5%	75,0%	74,7%	79,1%	75,8%

Ringkasan Persentase Persepsi Instruktur dan Mahasiswa
Terhadap Produk Pada Aspek Instruksional

Komponen Persepsi	Instruktur	Mahasiswa	Rerata
Kejelasan Kompetensi Dasar & Tujuan	83,1%	69,6%	73,8%
Kejelasan Petunjuk Belajar	86,7%	74,8%	78,5%
Kemudahan Memahami Materi/Melaksanakan Praktik	77,5%	68,6%	71,4%
Keluasan dan Kedalaman Materi	80,7%	75,2%	76,9%
Ketepatan Urutan Penyajian	81,0%	75,9%	77,5%
Interaktivitas	77,0%	74,1%	75,0%
Fleksibilitas	83,0%	70,9%	74,7%
Ketepatan Evaluasi	83,2%	77,3%	79,1%
Total	81,8%	73,1%	75,8%

Data Persepsi Instruktur Terhadap Produk Pada Aspek Tampilan/Presentasi Produk

Nomor Subjek	Skor Pada Setiap Aspek/Komponen						Total
	A	B	C	D	E	F	
1	27	15	15	15	20	20	112
2	24	12	12	12	16	16	92
3	22	9	11	10	11	13	76
4	26	14	11	13	15	18	97
5	24	12	12	13	17	16	94
6	24	12	10	12	8	16	82
7	27	14	12	12	18	18	101
8	25	12	11	12	13	14	87
9	30	15	14	14	16	20	109
10	24	12	12	12	16	16	92
Total	253	127	120	125	150	167	942
Skor Maksimum	300	150	150	150	200	200	1150
% Total	84,3%	84,7%	80,0%	83,3%	75,0%	83,5%	81,9%

Keterangan:

A: Kejelasan Petunjuk Penggunaan

B: Keterbacaan

C: Kualitas Tampilan Gambar

D: Komposisi Warna

E: Kualitas Fasilitas Komunikasi

F: Kemudahan Operasi

Data Persepsi Mahasiswa Terhadap Produk Pada Aspek Tampilan/Presentasi Produk

Nomor Subjek	Skor Pada Setiap Aspek/Komponen						Total
	A	B	C	D	E	F	
1	24	12	14	14	16	15	95
2	14	12	12	12	16	16	82
3	23	12	12	12	12	15	86
4	23	12	14	15	18	17	99
5	21	13	11	13	12	14	84
6	24	12	12	12	13	15	88
7	25	14	12	14	15	16	96
8	24	12	12	12	15	15	90
9	21	12	10	12	15	15	85
10	24	12	12	12	16	16	92
11	25	14	12	14	15	16	96
12	24	12	12	12	15	16	91
13	24	11	12	11	13	15	86
14	22	11	10	11	10	15	79
15	24	11	12	11	13	15	86
16	24	11	12	11	13	15	86
17	24	12	14	14	12	17	93
18	24	12	12	12	14	16	90
19	23	15	14	14	15	19	100
20	22	11	7	10	11	14	75
21	24	13	12	12	15	14	90
22	24	13	12	12	15	14	90
Total	507	269	262	272	309	340	1959
Skor Maksimum	660	330	330	330	440	440	2530
% Total	76,8%	81,5%	79,4%	82,4%	70,2%	77,3%	77,4%

Data Persepsi Gabungan Instruktur dan Mahasiswa
Terhadap Produk Pada Aspek Tampilan/Presentasi Produk

Kelompok Subjek	Skor Total Pada Setiap Aspek/Komponen						Total
	A	B	C	D	E	F	
Instruktur	253	127	120	125	150	167	942
Mahasiswa	507	269	262	272	309	340	1959
Total	760	396	382	397	459	507	2901
Skor Maksimum	960	480	480	480	640	640	3680
% Total	79,2%	82,5%	79,6%	82,7%	71,7%	79,2%	78,8%

Ringkasan Persentase Persepsi Instruktur dan Mahasiswa
Terhadap Produk Pada Aspek Tampilan/Presentasi Produk

Komponen Persepsi	Instruktur	Mahasiswa	Rerata
Kejelasan Petunjuk Penggunaan	84,3%	76,8%	79,2%
Keterbacaan	84,7%	81,5%	82,5%
Kualitas Tampilan Gambar	80,0%	79,4%	79,6%
Komposisi Warna	83,3%	82,4%	82,7%
Kualitas Fasilitas Komunikasi	75,0%	70,2%	71,7%
Kemudahan Operasi	83,5%	77,3%	79,2%
Total	81,9%	77,4%	78,8%

Lampiran 44 Diseminasi Produk Lewat Konferensi Internasional dan Seminar Lokal

Diseminasi Produk Lewat Konferensi/Seminar

1. Diseminasi produk pertamakali dilakukan lewat *International Conference on Culture, Communication and Multimedia Technology 2012*, yang diselenggarakan di kampus Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, pada 1 Desember 2012. Dalam konferensi ini, produk didiseminasikan melalui presentasi makalah dihadapan para akademisi (dosen dan peneliti) serta praktisi teknologi multimedia. Makalah tentang produk yang telah ditulis dan dipresentasikan dihimpun dalam sebuah proseding konferensi.



Sertifikat Peneliti Sebagai Pembawa Makalah Dalam Diseminasi Produk

2. Seminar “Pengembangan Laboratorium Virtual di Lingkungan Perguruan Tinggi Teknik”

Diseminasi kedua dari produk yang telah dikembangkan, dilakukan melalui kegiatan seminar yang dihadiri oleh para dosen Teknik Elektro dan pengelola laboratorium se Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Seminar dilaksanakan di kampus Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, pada 8 Desember 2012.

Diseminasi produk ini dihadiri para dosen Teknik Elektro atau program studi serumpun sebanyak 51 orang berasal dari Universitas Gadjah Mada, Universitas Negeri Yogyakarta, Universitas PGRI Yogyakarta, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Universitas Negeri Makassar, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Universitas Janabadra, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Universitas Semarang, Universitas Islam Negeri “Sunankalijaga” Yogyakarta, STIMIK AKAKOM Yogyakarta, dan Universitas Ahmad Dahlan.



Sertifikat Peneliti Sebagai Pembawa Makalah Dalam Diseminasi Produk



Peserta Diseminasi Produk



Diseminasi Produk Oleh Peneliti

Lampiran 45 Diseminasi Produk Lewat Pemuatan Berita di Media Massa Surat Kabar Harian (Koran)

1. Republika Online, 8 Desember 2012

ROL
REPUBLICA ONLINE

News Index - Komunitas - Properti - Publika - Forum - Konsultasi - E-Paper - Rol Shop - English Version - A-Z - About Us

HOME NASIONAL INTERNASIONAL DUNIA ISLAM GAYA HIDUP SEPAKBOLA OTOMOTIF TRENDTEK LAINNYA

Pendidikan LP3i | EduAction | Dunia Kampus |

Home > Pendidikan > Dunia Kampus

UAD akan Kembangkan Laboratorium Virtual

Berita Terkait

Mahasiswa UAD Menang Lomba Foto di Malaysia

Mahasiswa Baru Membludak, UAD Kesulitan Ruang Kuliah

Sekolah Bina Insani Bangun Laboratorium Terpadu

Alat Penunjuk Arah Bagi Tunanetra Berhasil Diciptakan

Perawatan ODHA Lewat Pendekatan Agama Berbasis Keluarga

REPUBLICA.CO.ID,YOGYAKARTA – Universitas Ahmad Dahlan (UAD) Yogyakarta akan mengembangkan laboratorium virtual untuk mensiasati kebutuhan praktikum mahasiswa di kampus tersebut sementara ruang kuliah dan lahan semakin terbatas.

Rencana ini mengemuka dalam seminar pengembangan laboratorium virtual di kampus setempat, Sabtu (8/12). Hadir dalam seminar tersebut Wakil Rektor I UAD, Muchlas. Dosen UAD ini juga mengangkat tema laboratorium virtual ini sebagai bahan disertasi di program doktornya.

"Laboratorium virtual ini sangat penting ke depan, karena pengembangan laboratorium real akan semakin mahal, baik dari sisi alat maupun ruangan," tandasnya.

Diakui, pengadaan laboratorium real semakin terasa berat dirasakan Perguruan Tinggi Negeri (PTN) yang pembiayaan dari pemerintah. Swastapun menghadapi kendala yang sama, meskipun sumber pendanaan dari masyarakat. Sementara kebutuhan praktikum di laboratorium menjadi sebuah keharusan dengan pengembangan dan pengadaan alat-alat yang semakin canggih.

Disisi lain, laboratorium real seringkali membosankan bagi mahasiswa. "Karenanya dibutuhkan terobosan baru di bidang laboratorium ini dan salah satunya adalah Laboratorium Virtual ini," tegasnya.

Laboratorium virtual kata dia implementasinya cukup mudah, cukup dengan menggunakan perangkat lunak komputer berbentuk simulator. Perangkat ini kata dia, bisa dikolaborasi secara on-line.

Melalui langkah ini, instruktur mahasiswa tidak harus berada di satu ruangan. Namun kata dia, mereka bisa bersama-sama mengembangkan praktikum dengan bahan-bahan virtual melalui sistem tersebut.

Menurutnya, pengembangan laboratorium virtual ini telah menghasilkan produk berupa portal laboratorium virtual yang bisa diakses dosen, instruktur, mahasiswa untuk mengakses perangkat pendukung praktek online seperti e-book, panduan penggunaan simulator, panduan praktek, dan panduan praktek bisang studi.

"Laboratorium virtual ini bisa dikembangkan dengan menggunakan perangkat lunak aplikasi gratis sehingga biaya pengadaanya murah," tegasnya.

Laboratorium virtual karya dosen UAD ini juga telah di uji oleh empat ahli teknik digital, ahli pembelajaran e-learning, ahli rancang desain instruksional dan ahli multimedia Indonesia. "Ini juga sudah diujicobakan secara terbatas. Jadi laboratorium virtual ini siap diaplikasikan sebagai jawaban atas mahalnya alat laboratorium dan keterbatasan ruang kuliah," tegasnya.

Redaktur: Taufik Rachman
Reporter: yulianingsih

Senin Pon, 10 Desember 2012

HALAMAN 5

Hemat Biaya Operasional Kampus

Laboratorium Virtual Sering Tak Diakui

JOCJA—Laboratorium virtual saat ini belum banyak diakui. Padahal keberadaannya sangat dibutuhkan untuk mengatasi keterbatasan fasilitas dan sarana laboratorium yang riil.

"Baiklah laboratorium virtual bisa menghemat anggaran untuk pengadaan laboratorium riil yang sangat mahal," ujar ketua tim pengembangan laboratorium virtual Universitas Ahmad Dahlan (UAD), Muchlas dalam seminar pengembangan laboratorium virtual di kampus III UAD, Sabtu (8/12).

Menurut Wakil Rektor I UAD tersebut, laboratorium virtual bisa dimanfaatkan untuk membantu proses pendidikan di kampus secara online. Sebab model pembelajaran di laboratorium itu tidak mengenal waktu dan tempat.

Apalagi sering bertambahnya jumlah mahasiswa, kampus sering mengalami

keterbatasan ruang kuliah, terutama di tingkat perguruan tinggi swasta (PTS). Hal ini berbeda dengan perguruan tinggi negeri (PTN) yang mendapatkan bantuan dari pemerintah untuk pengadaan laboratorium riil.

"PTS seringkali mengalami kendala untuk mencari pendanaan dari masyarakat untuk memenuhi kebutuhan praktikum di laboratorium. Padahal pengembangan dan pengadaan alat-alat yang semakin canggih sangat dibutuhkan untuk mendukung pendidikan," jelasnya.

Muchlas menambahkan, laboratorium riil juga seringkali membosankan mahasiswa. Sebab tidak ada inovasi dalam pemanfaatan laboratorium itu.

Karenanya laboratorium virtual bisa menjadi salah satu upaya meningkatkan minat belajar mahasiswa. Apalagi implementasi penggunaan laboratorium ini pun

cukup mudah. "Laboratorium virtual ini hanya membutuhkan perangkat lunak komputer berbentuk simulator yang bisa dikolaborasi secara online," jelasnya.

Muchlas menyebutkan, dalam pemanfaatan laboratorium virtual tidak memerlukan digital trainer atau instruktur. Mahasiswa dan dosen pun tidak harus berada di satu ruangan.

Dalam penerapannya ada portal laboratorium virtual yang bisa diakses dosen, instruktur dan mahasiswa. Mereka bisa mengakses perangkat pendukung praktik online seperti *e-book*, panduan penggunaan simulator, panduan praktik serta panduan praktik bidang studi.

"Laboratorium virtual dengan metode kolaborasi dikembangkan menggunakan perangkat lunak aplikasi gratis sehingga biaya pengadaannya murah," jelasnya.

Sementara Dekan Fakultas Teknik Industri (FTI) dan Wakil Rektor III UAD Abdul Fadil mengungkapkan, laboratorium virtual bisa solutif. Sebab praktikum di laboratorium itu membutuhkan biaya tinggi.

"Ini gagasan dan inovasi baru tentang pengembangan laboratorium maya/virtual karena bisa diakses lewat internet. Seperti halnya smartphone yang bisa dimanfaatkan banyak pihak. Laboratorium ini juga manfaatnya akan lebih besar dan bisa digunakan oleh sekolah-sekolah lain," ungkapnya.

Fadil menambahkan, laboratorium virtual tersebut nantinya bisa dipadukan dengan *teleconference*. Dengan demikian pendidikan praktikum bisa dilakukan jarak jauh tanpa harus bertatap muka.

"Pembelajaran tidak perlu lagi harus bertatap muka karena bisa dilakukan secara online," imbuhnya. (ptu)



LABORATORIUM VIRTUAL—Ketua tim pengembangan laboratorium virtual UAD, Muchlas dan pembicara lainnya menyampaikan paparannya dalam seminar pengembangan laboratorium virtual di kampus III UAD, Sabtu (8/12).

YVISTA PUTU ANUGERNAS JOCJA

UAD Kembangkan Laboratorium Virtual

● Hemat Biaya Praktikum

YOGYAKARTA - Universitas Ahmad Dahlan (UAD)

memanfaatkan teknologi digital

untuk pengembangan laboratorium

virtual di perguruan tinggi.

Laboratorium semacam ini bisa mengatasi kekurangan laboratorium manual (*hands on*) yang mahal, kurang fleksibel, dan tidak menimbulkan motivasi bagi mahasiswa.

"Laboratorium *hands on* jelas mahal, karena butuh tempat dan alat yang nyata. Mahalnya alat-alat laboratorium juga membuat mahasiswa takut, akan mencoba karena dituntut ikut bertanggung jawab jika terjadi kerusakan pada alat yang mahal. Jadi, motivasinya tidak tumbuh karena takut," jelas Wakil Rektor I UAD, Drs Muchlas MT saat sosialisasi Pengembangan Laboratorium Virtual, di Kampus III UAD, Sabtu (8/12).

Terkait implementasi laboratorium virtual, menurut Muchlas, cukup dengan menggunakan perangkat lunak komputer berbentuk simulator yang pengadaannya lebih murah dibandingkan dengan *hands on*.

"Dengan konsep semacam ini, alokasi dana untuk pembangunan gedung dan pembelian alat laboratorium bisa dialihkan untuk membeli komputer bagi mahasiswa," jelasnya.

Dengan basis perangkat lunak mahasiswa dapat belajar dari mana saja, tanpa terikat ruang dan waktu khusus. Hanya saja fasilitas internet seperti bandwidth dan wifi harus

dioptimalkan untuk mendukung kelancaran jaringan.

Simulator

Dengan mengadalkan jaringan internet, mahasiswa praktik dapat melakukan diskusi, bimbingan dengan instruktur, dan menggunakan simulator. Bahkan, dengan fasilitas streaming laboratorium virtual dapat digunakan oleh sekolah-sekolah di daerah untuk berinteraksi dengan laboratorium yang ada di pusat.

"Produk laboratorium virtual berupa portal dapat digunakan dosen, instruktur dan mahasiswa," jelasnya.

Produk tersebut masih didukung buku ajar berupa e-book, panduan penggunaan simulator, dan panduan praktik online. Muchlas berharap dengan hasil pengembangan tersebut maka perguruan tinggi dapat memulai penggunaan laboratorium virtual sebagai pengganti *hands on*.

"Mau tak mau kita akan mengukui laboratorium virtual juga

menjadi sumber bagi pengetahuan," terangnya.

Menurut Muchlas, bagi perguruan tinggi dan sekolah negeri, persoalan laboratorium tidak menjadi masalah karena mendapatkan dana dari pemerintah. Namun

bagi swasta, seperti UAD keberadaan laboratorium yang murah merupakan hal penting. "Bagi PTS, yang sebagian pendanaannya mandiri, pembangunan laboratorium dinilai cukup memberikan," imbuhnya. (H50-52)



SM/Sony/Whisano

LABORATORIUM VIRTUAL : Wakil Rektor I UAD Drs Muchlas MT memaparkan konsep laboratorium virtual di Kampus III UAD, Sabtu (8/12). (52)

Dirikan Laboratorium Virtual

Atasi Mahalnya Biaya Praktik Mahasiswa

JOGJA - Teknologi digital mendukung dikembangkannya laboratorium virtual di perguruan tinggi. Laboratorium itu dapat mengganti penggunaan laboratorium *real (hands-on)* yang dapat digunakan sebagai pendukung pembelajaran.

"Laboratorium yang ada, memiliki kekurangan seperti biaya peralatan mahal, tidak menumbuhkan motivasi, dan pelaksanaannya tidak fleksibel," jelas pengembang laboratorium virtual UAD, Muchlas ke- pada wartawan di Kampus III UAD (8/12). Bagi perguruan tinggi negeri (PTN) ken-

dala mahalnya biaya laboratorium memang tidak dirasakan sepenuhnya. Disebabkan pendanaan pendidikan yang sepenuhnya dicukupi negara. Bagi PTS, yang sebagian pendanaannya mandiri, pembangunan laboratorium dinilai memberatkan.

Seiring berkembangnya infrastruktur pendukung internet di Indonesia, Muchlas mendorong penggunaan laboratorium virtual diterapkan di PTS ataupun sekolah di Indonesia. Implementasi yang dikembangkan cukup menggunakan perangkat lunak komputer berbentuk simulator yang pengadaannya lebih murah dibanding *hands-on*.

"Pendanaan pembangunan laboratorium bisa dialihkan untuk pengadaan komputer atau laptop yang bisa diperuntukan untuk mahasiswa," terang pria yang menjabat

Wakil Rektor I UAD.

Keuntungan laboratorium virtual, mahasiswa dapat belajar dari mana saja tanpa terikat ruang dan waktu. Khusus, yang terpenting, fasilitas internet seperti *bandwidth* *wifi* harus disiapkan semaksimal mungkin guna mendukung koneksi internet yang lancar dan cepat.

Melalui fasilitas *online*, mahasiswa dapat melakukan kegiatan belajar layaknya di kelas. Kolaborasi *online* memungkinkan mahasiswa praktik dapat melakukan kegiatan secara bersama-sama, baik dalam berdiskusi, bimbingan dengan instruktur, maupun menggunakan simulator sebagai alat bahan yang nyata.

Bahkan, keberadaan laboratorium virtual dapat digunakan oleh sekolah-sekolah di daerah dan berinteraksi dengan la-

boratorium yang ada di pusat. Ini dapat dilakukan melalui fasilitas *streaming*.

"Pengembangan laboratorium virtual yang telah dilakukan ini menghasilkan produk berupa portal laboratorium virtual yang dapat digunakan dosen, instruktur dan mahasiswa," jelasnya.

Produk tersebut masih didukung dengan buku ajar berupa *e-book*, panduan penggunaan simulator, dan panduan praktik *online*.

Muchlas berharap dengan hasil pengembangan tersebut, maka perguruan tinggi dapat memulai penggunaan laboratorium virtual sebagai pengganti *hands-on*. "Mau tak mau kita akan mengakui laboratorium virtual juga menjadi sumber bagi pengetahuan," terangnya. (bhn/iwa)

Laboratorium Virtual, Terobosan UAD

YOGYA (KR) - Pengadaan dan pengembangan laboratorium di Perguruan Tinggi Swasta (PTS) masih sering terkendala dana. Salah satu solusi dan alternatif yang bisa dilakukan antara lain melalui terobosan laboratorium virtual. Laboratorium virtual yang bersifat maya ini cukup dilakukan dengan perangkat lunak komputer berbentuk simulator. Pengadaannya jauh lebih murah dibandingkan laboratorium *hand-on* atau fisik.

Demikian ditegaskan Drs Muchlas MT, Ketua Tim Pengembangan Laboratorium Virtual Universitas Ahmad Dahlan (UAD) Yogyakarta di Kampus 3 UAD, Jalan Prof Soepomo Janturan Yogya, Sabtu (8/12). Sosialisasi Laboratorium Virtual dibuka Drs Abdul Fadlil MT (Dekan Fakultas Teknik UAD).

Menurut Muchlas, seiring perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat, tersedia berbagai aplikasi simulator maupun perangkat lunak. "Bahkan dukungan komunikasi dapat diperoleh dengan *free of charge* sebagai bagian pengembangan Lab Virtual," ucap Muchlas yang juga Wakil Rektor I UAD. Lab Virtual telah diuji coba ahli Bidang Studi Teknik Digital UAD dan berhasil dengan valid. Uji coba *online* meliputi pembelajaran *e-learning*, perancangan desain instruksional, multimedia pembelajaran.

Mencermati hasil pengembangan ini, lanjut Muchlas, sudah saatnya lembaga-lembaga pendidikan khususnya PTS mulai menggunakan Laboratorium Virtual sebagai pengganti sarana laboratorium *hand-on* agar biaya pendidikan lebih efisien. Pada level kebijakan, sudah saatnya pemerintah memasukkan Laboratorium Virtual sebagai bagian dari sarana praktik yang diakui keberadaannya bagi suatu program studi. (Jay)-o

Mengembangkan Laboratorium Virtual di PT

LENERA

Oleh Muchlas



kurangnya fasilitas laboratorium. Untuk itu, perlu diupayakan pengembangan sarana laboratorium yang murah dan segi pendanaan, fleksibel dan segi pelaksanaan, dan mampu membangkitkan motivasi mahasiswa.

Salah satu alternatif yang dapat dipilih adalah pengembangan laboratorium virtual. Laboratorium ini layak menjadi pilihan karena implementasinya cukup dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak komputer berbentuk simulator yang pengadaannya jauh lebih murah dibandingkan pengadaan laboratorium *hands on*. Selain itu, seiring dengan perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat, saat ini telah tersedia berbagai aplikasi simulator ataupun beberapa perangkat lunak pen-

dukung yang dapat diperoleh secara *free of charge* yang dapat digunakan sebagai bagian dari pengembangan laboratorium virtual berkenja tinggi.

Telah Dujai

Saat ini memang telah banyak dikembangkan laboratorium virtual untuk mendukung kegiatan praktik di perguruan tinggi, namun belum secara lengkap menyediakan fasilitas kolaborasi online untuk mendukung kerja kelompok yang merupakan inti dari kegiatan praktik yang baik.

Melalui kegiatan pengembangan, telah dihasilkan sebuah laboratorium virtual yang dilengkapi dengan fasilitas kolaborasi online, sehingga mahasiswa peserta praktik dapat melakukan kegiatanannya dengan cara bekerja

sama secara online, baik dalam berdiskusi, bimbingan dengan instruktur maupun dalam menggunakan simulator sebagai pengganti alat dan bahan yang nil.

Pengembangan laboratorium virtual yang telah dilakukan ini menghasilkan produk berupa portal laboratorium virtual yang dapat digunakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa. Mereka dapat mengakses perangkat-perangkat pendukung kegiatan praktik online, seperti *software* (e-book) buku ajar, panduan penggunaan simulator, panduan praktik online, dan panduan praktik bidang studi (mata kuliah).

Laboratorium virtual ini dikembangkan dengan menggunakan perangkat-perangkat lunak aplikasi gratis yang mudah peng-

operasiannya. Dengan demikian, biaya menjadi murah.

Laboratorium virtual ini telah diuji oleh empat orang ahli dalam bidang studi Teknik Digital, ahli pembelajaran *E-Learning*, ahli perancangan desain instruksional, dan ahli multimedia pembelajaran. Hasil uji coba oleh keempat ahli tersebut menunjukkan bahwa produk laboratorium virtual yang dikembangkan telah dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk mendukung praktik Teknik Digital secara online. Selain itu, laboratorium virtual yang dikembangkan ini juga telah mengalami uji coba lapangan terbatas untuk menguji efektivitasnya dalam mendukung kegiatan pembelajaran praktik.

Hasil uji coba lapangan menunjukkan bahwa laboratorium virtual yang dikembangkan mampu meningkatkan prestasi mahasiswa dalam belajar pada mata kuliah Teknik Digital di program

studi Teknik Elektro. Memperhatikan hasil pengembangan ini, sudah saatnya lembaga-lembaga pendidikan, khususnya perguruan tinggi mulai mengembangkan laboratorium virtual sebagai pengganti sarana laboratorium *hands on* agar biaya pendidikan dapat lebih efisien.

Pada level kebijakan, sudah saatnya pemerintah memasukkan laboratorium virtual ini sebagai bagian dari sarana praktik yang diakui keberadaannya bagi suatu program studi. Dengan demikian, dalam berbagai kegiatan monitoring dan evaluasi oleh pemerintah seperti akreditasi, laboratorium virtual ini dapat diakui sebagai bagian dari sumber daya yang dimiliki oleh suatu program studi. (24)

—Muchlas, Wakil Rektor I Universitas Ahmad Dahlan (UAD) dan Ketua Pengembangan Laboratorium Virtual UAD.

PENGUNJUAN laboratorium virtual, atau sering disebut dengan istilah *hands on* sebagai sarana pendukung kegiatan praktik di lingkungan lembaga-lembaga pendidikan, khususnya perguruan tinggi, memiliki beberapa kekurangan. Di antaranya, mahal pengadaannya, tidak menumbuhkan motivasi

Lampiran 46 Diseminasi Produk Lewat *Personal Web*

muchlas.ee.uad.ac.id
Ruang Virtual Untuk Bertukar Informasi

Search

Galeri Foto V-Lab Download Kuliah Profil

Praktikum Menggunakan Laboratorium Virtual

12. January 2013 · Write a comment · Categories: Fotografi

Praktikum Teknik Digital



Penggunaan laboratorium real atau sering disebut dengan istilah *hands-on* sebagai sarana pendukung kegiatan praktek di lingkungan lembaga-lembaga pendidikan khususnya perguruan tinggi memiliki kekurangan antara lain pengadaannya mahal, tidak menumbuhkan motivasi bagi mahasiswa dan pelaksanaannya tidak fleksibel karena mahasiswa, instruktur dan dosen harus berada pada saat dan ruang yang sama. Bagi perguruan tinggi negeri (PTN), kendala mahalnya biaya pengadaan ini

ARTIKEL TERBARU

Praktikum Menggunakan Laboratorium Virtual

Membuat Simbol IC (Integrated Circuit) Logika Menggunakan DSCH2

Dari CMSimple ke WordPress

WOOKIE: Simulator Mikrokontroler 68HC11

Simulator Logika DSCH2

ARSIP ARTIKEL

January 2013


September 2010

July 2009

June 2009

Alamat akses: <http://muchlas.ee.uad.ac.id/v2/praktikum-menggunakan-laboratorium-virtual/>

Lampiran 47 Surat Keterangan Melaksanakan Penelitian

 UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
KAMPUS I : Jalan Kapas 9, Semaki Yogyakarta 55166
KAMPUS II : Jalan Pramuka 42, Sidikan, Yogyakarta 55161
KAMPUS III : Jalan Prof. Dr. Soepomo, SH., Warungboto, Yogyakarta 55164
TELEPON : (0274) 563515, 511830, 379418, 371120 Fax. (0274) 564604

SURAT KETERANGAN
Nomor: F2/088/D/III/2013

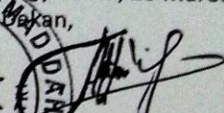
Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan memberikan keterangan bahwa:


Nama	: Muchlas
Perguruan Tinggi (PT) Asal	: Universitas Negeri Yogyakarta Program Studi Teknologi Pendidikan dan Kejuruan S3
NIM pada PT asal	: 07702261008

telah melaksanakan penelitian dalam rangka penyelesaian disertasi berjudul "Pengembangan Model Pembelajaran *Online* Untuk Praktek Teknik Digital di Perguruan Tinggi" pada Program Studi Teknik Elektro S1 Universitas Ahmad Dahlan. Kegiatan penelitian yang dilaksanakan meliputi:

- 1) Studi pendahuluan: bulan Januari s.d. Desember 2011
- 2) Uji coba model pembelajaran kepada dosen, instruktur dan mahasiswa Teknik Elektro: bulan Juli s.d. Desember 2012
- 3) Sosialisasi produk kepada para dosen Program Studi Teknik Elektro dan serumpunnya pada 8 Desember 2012.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 20 Maret 2013
Dekan,

Safaka Firdausy, S.T., M.T.
NIP. 60020393



PRODUK DISERTASI

The cover features a blue and green circuit board pattern at the top. Below this, the text 'Modul 1' is displayed. The main title 'Model' is in a large, bold font, followed by the subtitle 'Pembelajaran *Online* Praktik Teknik Digital di Perguruan Tinggi'. At the bottom, a computer monitor, keyboard, and mouse are shown. A dark blue horizontal bar on the right side contains the author's name 'Muchlas'.

Modul 1

Model

Pembelajaran *Online*
Praktik Teknik Digital
di Perguruan Tinggi

Muchlas

Modul 1

Model

Pembelajaran *Online*
Praktik Teknik Digital
di Perguruan Tinggi

Muchlas

KATA PENGANTAR

Keterbatasan perguruan tinggi menyediakan sarana dan prasarana laboratorium dalam menghadapi pesatnya perkembangan teknologi, perlu ditanggapi dengan langkah-langkah optimis dan strategis agar tujuan menciptakan lulusan-lulusan yang adaptif terhadap tuntutan dunia kerja dapat terpenuhi. Pengembangan model pembelajaran praktik *online* dengan pendekatan kolaborasi ini merupakan salah satu upaya untuk menanggulangi keterbatasan-keterbatasan infrastruktur laboratorium yang harus disediakan oleh perguruan tinggi tersebut.

Melalui model yang dikembangkan ini, penyelenggaraan kegiatan praktik dapat menjadi efisien dari aspek pendanaan dan dapat memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi dari aspek penggunaan ruang maupun waktu pelaksanaan. Selain itu, model ini juga memiliki kelebihan mampu menciptakan kerja kolaborasi *online* bagi para pesertanya dan memudahkan pemantauan aktivitas praktik oleh instruktur maupun dosen pengampunya.

Berdasarkan ragam interaksinya, model ini diimplementasikan dengan *blended learning* yakni melalui tatap muka sebanyak dua sesi dan kegiatan *online* sebanyak delapan sesi. Kegiatan tatap muka digunakan untuk memberikan pelatihan penggunaan simulator dan pelatihan pembelajaran praktik *online*. Kegiatan praktiknya diselenggarakan secara berkelompok dengan pendekatan kolaborasi *online* menggunakan simulator untuk menggantikan alat dan bahan praktik. Sedangkan metode pembelajarannya adalah inkuiri terbimbing. Dalam menjalankan tugasnya, dosen pengampu dibantu oleh instruktur sebagai pendamping kelompok-kelompok praktik. Model pembelajaran praktik *online* ini dapat digunakan pada mata kuliah selain Teknik Digital, namun pemilihan matakuliah yang akan dipraktikkan perlu memperhatikan karakteristiknya.

Dengan berbagai keterbatasannya, panduan ini diharapkan dapat digunakan sebagai sarana untuk membantu dosen pengampu dalam menyelenggarakan kegiatan praktik secara efisien dan fleksibel.

Yogyakarta, September 2012
Penyusun,

Muchlas

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAGIAN I. LATAR BELAKANG	1
BAGIAN II. TUJUAN PENGEMBANGAN DAN LINGKUP MODEL	5
A. Tujuan Pengembangan Model	5
B. Lingkup Model	5
1. Aspek Perencanaan	6
2. Aspek Pelaksanaan	7
a. Portal Laboratorium Virtual	7
b. Buku Ajar Teknik Digital	8
c. Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	10
d. Panduan Penggunaan Simulator	10
e. Panduan Praktik Teknik Digital	11
3. Aspek Evaluasi	13
BAGIAN III. STRUKTUR MODEL	16
A. Komponen Model Pembelajaran Praktik Online	16
B. Relasi Antar Komponen Model	16
1. Interaksi Antara Dosen/Instruktur Dengan Mahasiswa	17
2. Interaksi Mahasiswa Dengan Mahasiswa	17
3. Interaksi Mahasiswa Dengan Alat dan Bahan	18
4. Interaksi Dosen/Instruktur Dengan Alat dan Bahan	18
5. Interaksi Mahasiswa Dengan Materi	18
6. Interaksi Dosen Dengan Materi	19
C. Perangkat Pendukung	19
BAGIAN IV. <i>SETTING</i> DAN <i>SYNTAX</i> MODEL	20
A. <i>Setting</i> Model	20
B. <i>Syntax</i> Model	21

BAGIAN I LATAR BELAKANG

Saat ini perkembangan bidang teknik elektro sangat pesat sehingga menuntut dunia pendidikan melakukan langkah-langkah antisipasi agar dapat menggali pemahaman yang seluas-luasnya, sedalam-dalamnya dan secepat mungkin terhadap berbagai pencapaian dari inovasi yang telah dilakukan pada bidang itu. Dengan telah berkembangnya teknologi komputasi dan informasi, proses pemahaman yang komprehensif dan efisien dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan sarana-sarana tersebut.

Perkembangan bidang teknik elektro khususnya teknik digital yang sangat pesat tersebut juga membawa implikasi ke arah meningkatnya tuntutan dunia kerja terhadap kualifikasi yang harus dimiliki oleh tenaga kerjanya. Tenaga kerja dituntut memiliki keahlian dan kemampuan yang dapat menjangkau pemahaman yang komprehensif terhadap semua aspek perkembangan pada bidang teknik digital. Untuk itu, perguruan tinggi teknik perlu menyesuaikan kompetensi lulusannya dengan tuntutan dunia kerja tersebut. Dari aspek sumber daya manusia (SDM) yang harus disediakan, perguruan tinggi perlu menyiapkan dosen-dosen yang selain memiliki kualifikasi akademik yang sesuai, juga memiliki wawasan yang komprehensif terhadap berbagai perkembangan teknologi masa kini. Selain itu, dari aspek sarana dan prasarana yang diperlukan, perguruan tinggi harus menyediakan laboratorium yang memadai agar para mahasiswanya dapat memperoleh proses pembelajaran secara lengkap mencakup teori maupun praktik.

Namun, untuk menghadapi tantangan-tantangan yang bersifat eksternal tersebut, pendidikan tinggi teknik saat ini menghadapi persoalan-persoalan internal seperti keterbatasan SDM dan sarana serta prasarana yang dimiliki khususnya laboratorium. Walaupun memiliki keunggulan-keunggulan tertentu, penggunaan laboratorium tradisional (*hands-on*) dengan berbasis pada peralatan-peralatan *real* telah menjadikan penyelenggaraan pembelajaran praktik berbiaya tinggi dan tidak fleksibel sehingga perlu dikembangkan model penyelenggaraan pembelajaran praktik yang lebih efisien dari aspek pembiayaan dan luwes dari aspek pelaksanaannya.

Hasil survei terhadap beberapa perguruan tinggi swasta (PTS) di Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan bahwa pada kegiatan praktik menggunakan peralatan *hands-on*: (1) tingkat pencapaian hasil belajar mahasiswa untuk matakuliah Teknik Digital dan matakuliah-matakuliah serumpunnya masih kurang baik dengan rata-rata persentase pencapaian kurang dari 40%, (2) aktivitas laboratorium kurang menarik dan dirasakan sekedar memenuhi kewajiban-kewajiban formal yang ditentukan oleh pengampu matakuliah saja, (3) menumbuhkan pada diri mahasiswa perasaan takut salah atau takut alat menjadi rusak, (4) menuntut pengelolanya melakukan perawatan dalam bentuk pengecekan secara rutin terhadap peralatan maupun modul-modul praktik yang akan digunakan dan prosesnya memerlukan waktu, tenaga serta biaya yang besar, (5) tidak memberi peluang dilakukannya pendokumentasian terhadap *setup* peralatan yang telah disusun karena *setup* tersebut akan dibongkar saat praktik telah selesai dilakukan, dan (6) dosen pengampu praktik merasa kesulitan dalam memantau keaktifan mahasiswa.

Memperhatikan berbagai masalah tersebut, perlu dilakukan pengembangan model kegiatan praktik yang pada satu sisi dapat diselenggarakan dengan biaya rendah, namun pada sisi lain kegiatannya mampu meningkatkan pencapaian hasil belajar, menarik sehingga memotivasi mahasiswa, menghilangkan rasa takut bereksperimen, memberikan kemudahan dalam perawatan, pendokumentasian *setup* peralatan dan pemantauan aktivitas mahasiswanya.

Seiring dengan laju perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) khususnya teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat, saat ini telah berkembang konsep *electronic laboratory (E-Lab)* yang memberikan tingkat biaya rendah dalam pengadaannya. Selain biaya pembangunannya lebih murah dibandingkan biaya pembangunan laboratorium *real*, penggunaan *E-Lab* juga memberikan keuntungan dari sisi penambahan jumlah sesi praktikum dan jumlah tim/kelompok mahasiswa per minggunya. Dalam implementasinya, *E-Lab* dapat diwujudkan dalam bentuk *remote laboratory* dan *virtual laboratory*. Penggunaan *virtual laboratory* dapat memberikan tingkat pembiayaan yang lebih rendah karena berbasis pada simulator yang dibuat menggunakan program komputer.

Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa, (1) simulator mampu meningkatkan motivasi dan pemahaman mahasiswa terhadap materi pembelajaran praktik karena sifatnya yang menarik, (2) hasil belajar menggunakan simulator sama efektifnya dengan hasil belajar menggunakan laboratorium *real*, (3) penggunaan simulator lebih efisien dibandingkan penggunaan laboratorium *real* dan (4) penggunaan simulator memberikan kemudahan serta fleksibilitas yang tinggi. Dari berbagai hasil penelitian tersebut dapat dinyatakan bahwa

penggunaan simulator sebagai pengganti sarana laboratorium *real* pada proses pembelajaran praktik dapat memberikan tingkat pencapaian kompetensi yang baik pada diri mahasiswa dengan tingkat pembiayaan operasional yang relatif rendah.

Dalam berbagai penerapannya, kegiatan praktik menggunakan simulator ini akan lebih memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi dengan tingkat pembiayaan yang tetap rendah ketika diimplementasikan secara *online*. Memang, saat ini telah banyak dikembangkan model pembelajaran praktik *online*, namun model-model yang telah ada tersebut masih kurang dapat menumbuhkan pada diri mahasiswa aspek kerjasama dalam praktik dan pada sisi lain tidak menyediakan peluang pada dosen untuk dapat memantau dengan mudah aktivitas praktik mahasiswa.

Model yang dikembangkan ini memiliki kelebihan dibandingkan model yang telah ada, yakni mampu menciptakan kondisi kolaborasi dalam praktik bagi setiap anggota kelompok sehingga sesama anggota kelompok dapat melakukan kerja kolaboratif secara *online* dalam menyusun rangkaian elektronika selama praktikum berlangsung. Kelebihan lain dari model yang dikembangkan adalah mampu menyediakan kondisi yang memudahkan dosen dalam memantau aktivitas setiap anggota kelompok praktikum. Selain itu, model yang dikembangkan juga memiliki kelebihan mudah diimplementasikan dan fleksibel dalam pengalokasian waktu dan tempat praktik serta dalam penggunaan simulatornya. Jadi, jika persyaratan terpenuhi, model yang dikembangkan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari dengan mudah dan berbiaya rendah.

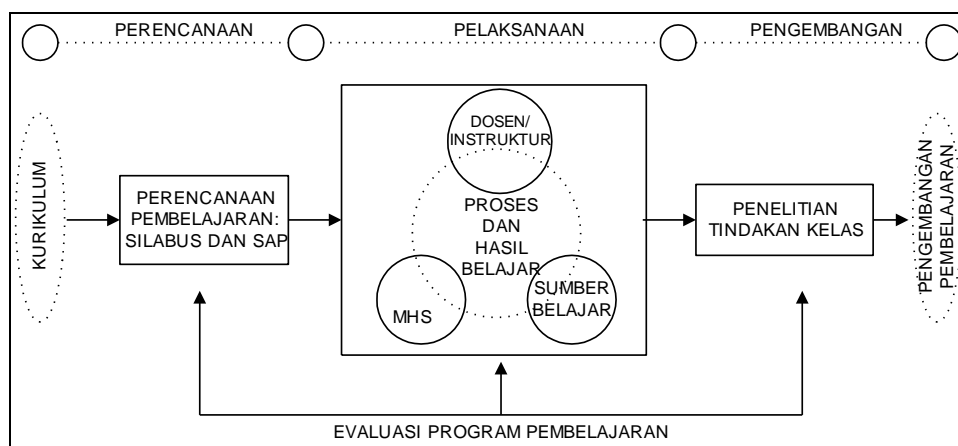
BAGIAN II TUJUAN DAN LINGKUP MODEL

A. TUJUAN PENGEMBANGAN MODEL

Pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan model pembelajaran praktik *online* menggunakan simulator sebagai pengganti alat dan bahan praktik yang mampu menciptakan kondisi kerja kolaborasi, memberikan kemudahan bagi dosen dalam memantau keaktifan mahasiswa, efisien dalam pendanaan dan fleksibel dalam pelaksanaannya untuk mata kuliah Teknik Digital atau matakuliah-matakuliah sejenis di lingkungan program studi Teknik Elektro atau program studi-program studi serumpunnya di perguruan tinggi.

A. LINGKUP MODEL

Model pembelajaran secara lengkap meliputi empat aspek yakni perencanaan, pelaksanaan, evaluasi dan pengembangan seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1.
Aspek Pengembangan Model Pembelajaran

Pengembangan model pembelajaran praktik ini, lingkupnya hanya mencakup tiga aspek saja yakni perencanaan, pelaksanaan dan evaluasi. Untuk keperluan perbaikan model berikutnya, pengguna model diharapkan dapat melaksanakan sendiri kegiatan pengembangan pembelajaran dalam bentuk penelitian tindakan kelas.

1. Aspek Perencanaan

Pada aspek perencanaan, pengembangan model menghasilkan perangkat pembelajaran silabus dan satuan acara praktikum (SAP) untuk matakuliah Teknik Digital. SAP yang dikembangkan berdasarkan pada standar minimum pelaksanaan praktik Teknik Digital dengan kompetensi seperti tabel berikut ini.

Tabel 1.
Kompetensi Praktik Teknik Digital
Berdasarkan Standar Minimum Pada Setiap Topik

Topik	Kompetensi
Watak Gerbang Logika Dasar	Mahasiswa memahami watak gerbang logika dasar dan universal
Rangkaian Logika Kombinasi	Mahasiswa mampu menganalisis dan merancang rangkaian logika kombinasi sederhana
Komparator dan Penjumlah Biner	Mahasiswa memahami watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi mencakup komparator, <i>half adder</i> , dan <i>full adder</i>
Multiplekser dan Demultiplekser	Mahasiswa memahami watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi multiplekser dan demultiplekser
Enkoder dan Dekoder	Mahasiswa memahami watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi enkoder dan dekoder
Flip-flop	Mahasiswa memahami watak dan cara kerja elemen rangkaian sekuensial flip-flop
Pencacah	Mahasiswa mampu menganalisis, merancang dan memahami watak serta cara kerja pencacah
Register	Mahasiswa mampu menganalisis, merancang dan memahami watak serta cara kerja register

2. Aspek Pelaksanaan

Pengembangan model pada aspek pelaksanaan menghasilkan struktur model interaksi antara dosen/instruktur, mahasiswa dan bahan ajar yang dilengkapi dengan pengaturan (*setting*) dan urutan proses (*syntax*) pembelajaran praktik *online*. Pada aspek pelaksanaan, pengembangan model ini juga menghasilkan perangkat pembelajaran berupa: (1) portal laboratorium virtual, (2) buku ajar Teknik Digital, (3) panduan pembelajaran praktik *online* untuk dosen, (4) panduan pembelajaran praktik *online* untuk instruktur, (5) panduan pembelajaran praktik *online* untuk mahasiswa, (6) panduan penggunaan simulator *breadboard*, dan (7) panduan praktik Teknik Digital.

a. Portal Laboratorium Virtual

Portal laboratorium virtual merupakan media komunikasi yang digunakan sebagai pendukung kegiatan praktik *online*. Media ini berbentuk *web* yang dibangun menggunakan program *Moodle*, yakni salah satu aplikasi *content management system* yang dapat diperoleh secara *free of charge*. Portal dapat diakses melalui jaringan internet dengan alamat **<http://elab.uad.ac.id>**. Melalui portal laboratorium virtual ini, mahasiswa dapat:

- 1) melihat pengumuman *online* tentang kegiatan praktik,
- 2) memperoleh perangkat pembelajaran melalui *downloading*,
- 3) mengerjakan dan mengirim tugas pendahuluan melalui *uploading*,
- 4) mengerjakan *pre-test* dan *post-test* secara *online*,
- 5) melaksanakan praktik secara *online*,
- 6) mengerjakan dan mengirim tugas laporan, dan
- 7) melihat nilai praktik serta umpan balik.

Bagi dosen pengampu, portal laboratorium virtual digunakan sebagai sarana untuk melakukan:

- 1) pengaturan jadwal dan pembagian kelompok praktik,
- 2) pemasangan materi dan pengaturan aktivitas praktik,
- 3) pemasangan pengumuman *online*,
- 4) pengumpulan dan penilaian tugas pendahuluan,
- 5) pemberian *pre-test* dan *post-test* secara *online*,
- 6) pembimbingan praktik *online*,
- 7) pemberian tugas laporan, nilai dan umpan balik, serta
- 8) pemantauan nilai mahasiswa.

Sedangkan bagi instruktur, portal laboratorium virtual digunakan sebagai sarana untuk:

- 1) membantu dosen memberi pengumuman *online* tentang kegiatan praktik,
- 2) mengunduh, menilai dan memberi umpan balik tugas pendahuluan,
- 3) memantau pemberian *pre-test* dan *post-test* secara *online*,
- 4) membimbing dan memantau praktik secara *online*,
- 5) memberikan nilai aktivitas mahasiswa selama praktik,
- 6) mengunduh, menilai dan memberi umpan balik tugas laporan, dan
- 7) memantau nilai mahasiswa.

b. Buku Ajar Teknik Digital

Buku Ajar Teknik Digital sebagai perangkat pembelajaran praktik *online* yang dihasilkan dari pengembangan model ini, bagi mahasiswa digunakan sebagai referensi untuk mengerjakan tugas pendahuluan, merancang prosedur percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang digunakan, mengerjakan *pre-test* dan *post-test*

dan menyelesaikan tugas penyusunan laporan praktik. Bagi dosen/instruktur, buku ajar digunakan sebagai referensi untuk merancang SAP, memeriksa tugas pendahuluan, merancang *pre-test* dan *post-test*, serta memeriksa tugas laporan praktik yang telah dikerjakan oleh mahasiswa. Struktur buku ajar Teknik Digital meliputi tujuh bab dengan isi seperti dideskripsikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.
Struktur Buku Ajar Teknik Digital
Hasil Pengembangan Model Pembelajaran

Nomor Bab	Nama Bab	Isi
I	Rangkaian dan Sistem Digital	1. Rangkaian Digital 2. Sistem Digital 3. Representasi Besaran Digital
II	Sistem Bilangan dan Sistem Kode	1. Konversi sistem biner, Oktal, dan Heksadesimal ke Sistem Desimal 2. Konversi Sistem Desimal ke Sistem Biner, Oktal, dan Heksadesimal 3. Konversi Sistem Biner ke Sistem Oktal dan Heksadesimal 4. Konversi Sistem Oktal dan Heksadesimal ke Sistem 5. Sistem Kode
III	Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	1. Tabel Kebenaran 2. Gerbang Logika Dasar 3. Mendeskripsikan Rangkaian logika 4. Mengevaluasi Output Persamaan Logika 5. Mengimplementasikan Rangkaian Logika 6. Gerbang NOR dan Gerbang NAND 7. Teorema-teorema aljabar Boole 8. Universalitas Gerbang NOR dan Gerbang NAND
IV	Rangkaian Logika Kombinasi	1. Bentuk-bentuk Persamaan Logika 2. Mengubah Bentuk Fungsi Tak Standar ke Bentuk Standar 3. Penyederhanaan Secara Aljabar 4. Metode Peta Karnaugh 5. Bentuk NAND dan NOR Rangkaian Logika 6. Rangkaian <i>Enable</i> dan <i>Inhibit</i>
V	Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	1. Komparator 2. Penjumlah Biner (Adder) 3. Multiplekser 4. Demultiplekser 5. Enkoder 6. Dekoder
VI	Rangkaian Logika Sekuensi	1. Pengertian Logika Sekuensi 2. Flip-flop 3. Analisis Rangkaian Sekuensi 4. Perancangan Rangkaian Sekuensi
VII	Pencacah dan Register	1. Pencacah 2. Register

c. Panduan Pembelajaran Praktik *Online*

Produk pengembangan model ini digunakan sebagai panduan bagi dosen/instruktur dan mahasiswa dalam menggunakan berbagai perangkat pendukung kegiatan praktik *online*. Panduan ini terdiri atas tiga jenis yakni panduan untuk dosen, instruktur dan mahasiswa. Melalui panduan ini, dosen/instruktur dan mahasiswa dapat memperoleh:

- 1) pengetahuan tentang model interaksi yang terjadi antara dosen/instruktur, mahasiswa, materi, alat dan bahan dalam kegiatan praktik *online*,
- 2) informasi tentang perangkat pendukung yang diperlukan dalam penyelenggaraan kegiatan praktik *online*, meliputi nama, spesifikasi dan cara memperolehnya,
- 3) keterampilan memasang (instalasi) program-program pendukung ke dalam komputer yang akan digunakan sebagai sarana praktik *online* yang meliputi: *web browser*, *java runtime environment* (JRE), simulator *breadboard*, *TeamViewer* (program pendukung kolaborasi *online*), dan PDF Reader (program untuk membaca sumber-sumber belajar yang disediakan), serta
- 4) informasi tentang urutan kegiatan praktik *online* yang harus dilaksanakan.

d. Panduan Penggunaan Simulator

Pengembangan model juga menghasilkan panduan penggunaan simulator *breadboard*. Untuk mendukung kegiatan praktik *online*, model ini menggunakan simulator *breadboard* sebagai pengganti alat dan bahan praktik. Simulator ini dibuat oleh tim dari Universitas *York* Inggris di bawah arahan Dr. Chris Bailey

dan penggunaannya sebagai sarana praktik pada model ini telah memperoleh persetujuan dari pembuatnya.

Melalui panduan penggunaan simulator ini, mahasiswa dapat memperoleh informasi-informasi yang cukup untuk meningkatkan keterampilan dalam penggunaan simulator *breadboard* sebagai syarat pelaksanaan kegiatan praktik teknik digital secara *online*. Panduan ini memberikan informasi dan cara penggunaan simulator *breadboard* yang mencakup:

- 1) Pengertian dan cara penggunaan papan rangkaian *breadboard*
- 2) Persyaratan operasi simulator *breadboard*
- 3) Kelengkapan simulator *breadboard*
- 4) Penyusunan dan simulasi rangkaian logika dengan simulator *breadboard*

e. Panduan Praktik Teknik Digital

Panduan praktik teknik digital sebagai salah satu produk pengembangan model ini dirancang berdasarkan kebutuhan akan perlunya perangkat pembelajaran terhadap penggunaan metode inkuiri terbimbing. Oleh karena metode kegiatan praktik yang digunakan adalah inkuiri terbimbing, maka panduan praktik ini hanya menyediakan tujuan dan alat serta bahan yang diperlukan saja, sedangkan prosedur percobaan dirancang sendiri oleh mahasiswa. Sebelum melaksanakan praktik, mahasiswa diwajibkan mengerjakan tugas pendahuluan yang di dalamnya terdapat tugas perancangan prosedur percobaan.

Dalam menjalankan praktik menggunakan panduan ini, mahasiswa dibagi ke dalam kelompok-kelompok praktik dan setiap kelompok didampingi oleh seorang instruktur yang akan membantu kesulitan-kesulitan yang dialami peserta praktik, sebelum, selama dan sesudah praktik dilaksanakan.

Panduan mengandung delapan topik praktik berdasarkan standar minimum penyelenggaraan praktik teknik digital. Tujuan setiap topik dijabarkan dari kompetensi praktik yang tertuang dalam SAP Teknik Digital dan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 3.
Tujuan Praktik Teknik Digital Setiap Topik

Topik	Tujuan
Watak Gerbang Logika Dasar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan watak gerbang-gerbang logika dasar dan universal secara eksperimen 2. Membuktikan universalitas gerbang NOR dan NAND
Rangkaian Logika Kombinasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merancang dan menentukan watak rangkaian logika dengan jumlah gerbang minimum 2. Merancang dan menentukan watak angkaian logika dengan jenis gerbang minimum
Komparator dan Penjumlah Biner	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan watak rangkaian <i>non-equality comparator</i> dan <i>equality comparator</i> 2. Menentukan watak half adder dan full adder 1-bit. 3. Merancang dan menentukan watak <i>parallel full adder</i> 4-bit
Multiplekser dan Demultiplekser	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan watak multiplekser 4 ke 1 yang dibangun dari gerbang logika dasar 2. Menentukan watak multiplekser 3-bit, 2 ke 1, yang dibangun dari gerbang logika dasar 3. Menentukan watak demultiplekser 1 ke 4 yang dibangun dari gerbang logika dasar
Enkoder dan Dekoder	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merancang dan menentukan watak enkoder desimal ke BCD 2. Merancang dan menentukan watak dekoder BCD ke desimal
Flip-flop	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan watak <i>flip-flop</i> SR (FFSR), FFJK, FFD dan FFT 2. Merancang dan menentukan watak rangkaian toggle menggunakan FFJK, FFD dan FFT
Pencacah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merancang dan menentukan watak rangkaian pencacah menggunakan FFJK dan FFD 2. Merancang dan menentukan watak rangkaian pencacah menggunakan IC TTL 74393
Register	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merancang register <i>parallel in-parallel out</i> (PIPO) dan register geser <i>serial in-parallel out</i> (SIPO) 2. Menentukan watak register PIPO dan SIPO

3. Aspek Evaluasi

Pada model pembelajaran ini, evaluasi yang diselenggarakan mencakup lima jenis yakni: (1) tugas pendahuluan, (2) *pre-test*, (3) aktivitas praktik, (4) *post-test*, dan (5) tugas laporan. Tugas pendahuluan merupakan unsur evaluasi yang diberikan kepada mahasiswa sebelum pelaksanaan praktik dan bersifat individual. Tujuan pemberian tugas ini adalah agar mahasiswa memiliki bekal kemampuan pengetahuan yang diperlukan terhadap topik praktik yang akan dikerjakan. Selain itu, tugas ini juga digunakan sebagai sarana pengembangan aktivitas inkuiri yang merupakan salah satu target pelaksanaan model pembelajaran ini. Dalam mengerjakan tugas pendahuluan, kelompok praktik didampingi oleh seorang instruktur yang telah ditunjuk oleh dosen pengampu. Secara individual, dalam mengerjakan tugas pendahuluan ini, mahasiswa dapat melakukan aktivitas konsultasi dan diskusi dengan instruktur secara *online*.

Pemberian *pre-test* dimaksudkan untuk mengukur kemampuan awal mahasiswa sebelum praktik dilaksanakan, sedangkan *post-test* diberikan untuk mengukur kemampuan akhir terhadap topik praktik yang telah dilaksanakan. Kedua jenis evaluasi ini secara simultan digunakan untuk mengukur efektivitas penggunaan model pembelajaran dari aspek pencapaian akademik mahasiswa. Pengembangan model ini menghasilkan *bank* soal sebagai perangkat evaluasi *pre-test* dan *post-test*. Soal-soal yang dihasilkan telah diuji dari segi validitas maupun reliabilitasnya. Secara *online*, dengan menggunakan soal-soal yang telah dikembangkan tersebut, setiap suatu topik praktik akan dilaksanakan, dosen memberikan *pre-test* pada awal dan *post-test* pada akhir praktik.

Selama praktik dilaksanakan, dosen/instruktur melakukan pemantauan secara *online* terhadap aktivitas mahasiswa dalam melaksanakan praktik. Berdasarkan hasil pemantauan tersebut, dosen/instruktur memberikan penilaian secara individual terhadap aktivitas setiap peserta praktik.

Setelah kegiatan praktik selesai dilakukan, mahasiswa diwajibkan mengerjakan tugas penyusunan laporan dengan sistematika seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.
Sistematika Tugas Laporan Praktik Mahasiswa

Bagian	Deskripsi
Latar Belakang	Uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan
Tujuan	Uraian tentang tujuan yang ingin dicapai pada suatu topik praktik
Alat dan Bahan	Penjelasan tentang alat dan bahan yang digunakan pada suatu topik praktik
Prosedur Percobaan	Penjelasan tentang langkah-langkah yang dikerjakan mahasiswa dalam melakukan praktik untuk topik tertentu yang dijabarkan dari tugas pendahuluan dan pengalaman mahasiswa dalam melaksanakan percobaan.
Analisis Data	Bagian ini berisi perhitungan sesuai tujuan praktik (jika ada), dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.
Diskusi	Uraian tentang pembahasan terhadap hasil analisis data dan jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan yang terdapat pada panduan praktik Teknik Digital pada setiap topik
Kesimpulan	Uraian tentang rangkuman hasil diskusi

Pada akhir pelaksanaan keseluruhan kegiatan praktik, dosen pengampu memberikan penilaian akhir berdasarkan kelima unsur penilaian di atas. Bobot penilaian untuk masing-masing unsur ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Bobot Penilaian Praktik Teknik Digital

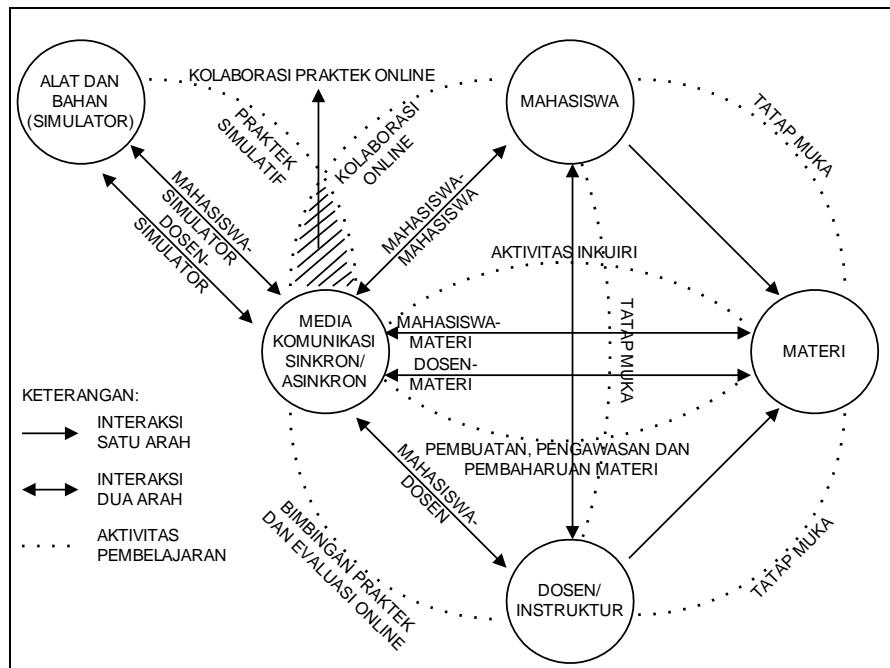
Unsur Penilaian	Bobot Total	Bobot Per Sesi
Tugas Pendahuluan	16%	2% atau 0,02
Pre-Test	16%	2% atau 0,02
Kegiatan Praktik	24%	3% atau 0,03
Post-Test	16%	2% atau 0,02
Tugas Laporan	28%	3,5% atau 0,035
Total Bobot	100%	12,5% atau 0,0125

Penentuan bobot penilaian tersebut didasarkan atas volume tugas yang dikerjakan oleh mahasiswa. Dalam hal ini, diasumsikan bahwa volume tugas paling ringan adalah tugas pendahuluan, *pre-test* dan *post-test* sehingga memiliki bobot terendah yakni 16%. Selanjutnya, volume tugas yang mengarah ke tingkat semakin tinggi berturut-turut terdapat pada tugas kegiatan praktik dengan bobot 24% dan tugas laporan dengan bobot 28% terhadap total bobot penilaian.

BAGIAN III STRUKTUR MODEL

A. Komponen Model Pembelajaran Praktik *Online*

Model pembelajaran praktik *online* yang dikembangkan ini mengandung lima komponen yakni: (1) dosen/instruktur, (2) mahasiswa, (3) materi, (4) alat dan bahan serta (5) media komunikasi. Tata hubungan antar komponen pada model yang dikembangkan ini ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.
Struktur Model Pembelajaran Praktik *Online*
Dengan Pendekatan Kolaborasi *Online*

B. Relasi Antar Komponen Model

Atas dasar ragam interaksinya, pembelajaran praktik ini diselenggarakan melalui *blended learning* yakni gabungan antara kegiatan tatap muka dan *online*. Interaksi yang terjadi dalam model pembelajaran ini mencakup:

1. Interaksi Antara Dosen/Instruktur Dengan Mahasiswa

Interaksi ini terjadi pada dua kegiatan yakni tatap muka dan *online*. Kegiatan tatap muka diselenggarakan pada pertemuan ke-1 dan pertemuan ke-2, sedangkan kegiatan *online* pada pertemuan-pertemuan berikutnya. Pertemuan ke-1 dan ke-2 merupakan sesi-sesi awal kegiatan praktik untuk membekali mahasiswa dengan prasyarat yang diperlukan yakni keterampilan menjalankan simulator dan perangkat-perangkat pembelajaran praktik *online* yang diperlukan. Kedua sesi awal ini diwujudkan dalam bentuk kegiatan pelatihan.

Interaksi secara *online* berlangsung melalui media komunikasi berbentuk portal laboratorium virtual secara sinkron maupun tak sinkron. Interaksi *online* sinkron terjadi pada saat kegiatan praktik dilaksanakan seperti pemberian *pre-test* dan *post-test* maupun bimbingan praktik *online*. Sedangkan interaksi tak sinkron umumnya terjadi sebelum dan sesudah kegiatan praktik dilaksanakan seperti pemasangan pengumuman tentang praktik di portal laboratorium virtual oleh dosen/instruktur yang dibaca oleh mahasiswa pada waktu yang berbeda-beda, pengumpulan dan penilaian tugas pendahuluan maupun tugas laporan beserta umpan baliknya.

2. Interaksi Mahasiswa Dengan Mahasiswa

Interaksi antar mahasiswa terjadi melalui kegiatan kolaborasi *online* dalam praktik maupun diskusi *online*. Kolaborasi praktik *online* dilakukan dengan *mode* sinkron melalui akses secara bersama-sama terhadap simulator menggunakan aplikasi *remote desktop*. Sedangkan diskusi *online* dilakukan melalui aplikasi *chatting* maupun konferensi *video* yang disediakan oleh portal laboratorium virtual maupun aplikasi-aplikasi kolaborasi *online* yang tersedia.

3. Interaksi Mahasiswa Dengan Alat dan Bahan

Interaksi antara mahasiswa dengan alat dan bahan yang berupa simulator *breadboard* berlangsung secara *online* dalam aktivitas praktik secara simulatif melalui program *remote desktop* atau presentasi *online*. Apabila selama praktik berlangsung terjadi masalah-masalah yang berhubungan dengan keterbatasan *bandwidth* internet, maka dosen/instruktur dapat mengubah interaksi antar mahasiswa dengan alat dan bahan ke mode *offline*.

4. Interaksi Dosen/Instruktur Dengan Alat dan Bahan

Interaksi antara dosen/instruktur dengan alat dan bahan dilakukan secara *online* dalam kegiatan bimbingan praktik simulatif. Sifat interaksi ini juga dapat berubah menjadi *offline* jika muncul kendala-kendala keterbatasan *bandwidth* internet selama proses pembimbingan praktik oleh dosen/instruktur.

5. Interaksi Mahasiswa Dengan Materi

Pada pertemuan ke-1 dan pertemuan ke-2, interaksi antara mahasiswa dan materi berlangsung melalui kegiatan tatap muka berupa pelatihan simulator dan pembelajaran *online*. Materi pembelajaran pada pertemuan-pertemuan awal ini berupa panduan penggunaan simulator *breadboard* dan panduan pembelajaran praktik *online* dalam bentuk *printout* maupun *softcopy*. Sedangkan untuk pertemuan ke-3 sampai dengan pertemuan ke-10, interaksi keduanya berlangsung melalui kegiatan *online*. Materi dalam pertemuan-pertemuan ini disediakan dalam bentuk *online* dengan tampilan *web page* maupun *softcopy*. Mahasiswa juga dapat menyediakan sendiri materi ini dalam bentuk *printout* dengan mengunduhnya (*download*) terlebih dahulu dari portal laboratorium virtual.

6. Interaksi Dosen Dengan Materi

Interaksi antara dosen/instruktur dengan materi terjadi dalam dua kegiatan yakni tatap muka dan *online*. Pada kegiatan tatap muka, dosen/instruktur secara langsung berinteraksi dengan panduan simulator *breadboard* dan panduan pembelajaran praktik *online* untuk mendukung keberhasilan pelatihan kepada mahasiswa. Sedangkan pada kegiatan *online*, interaksi keduanya dilakukan dalam bentuk kegiatan pembuatan, pengawasan dan pembaharuan materi oleh dosen.

C. Perangkat Pendukung

Agar pembelajaran praktik *online* ini dapat berlangsung dengan baik diperlukan berbagai perangkat sebagai pendukungnya. Sebelum melaksanakan kegiatan praktik, dosen/instruktur dan mahasiswa harus menyediakan dan memperoleh perangkat yang diperlukan seperti disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 5.
Perangkat Pendukung Pembelajaran Praktik *Online*

Jenis Perangkat	Nama Perangkat dan Spesifikasi	Cara Memperoleh
Perangkat Keras	Komputer desktop/laptop: tersambung ke internet, memiliki kemampuan untuk <i>browsing</i> , <i>webcam</i> dan <i>headset</i>	Disediakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa
Perangkat Lunak	Sistem Operasi: Windows XP, Windows 7, atau Windows Vista	Disediakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa
	<i>Browser</i> : Mozilla Firefox 12.0	Diunduh melalui internet
	<i>Java Runtime Environment</i> (JRE): Versi 1.3 atau lebih tinggi	Diunduh melalui internet
	Simulator <i>Breadboard</i> : Versi 1.11	Diunduh melalui internet
	Program <i>shared-desktop</i> : TeamViewer 7	Diunduh melalui internet
	PDF Reader: Adobe Reader X (10.1.3)	Diunduh melalui internet
Perangkat Pembelajaran	Silabus dan Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital: <i>Web page</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Panduan Simulator <i>Breadboard</i> : <i>Webpage</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> : <i>Hardcopy</i>	Diberikan secara langsung oleh Dosen
	Panduan Praktik Teknik Digital: <i>Web page</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Buku Ajar Teknik Digital: PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual

BAGIAN IV

SETTING DAN SYNTAX MODEL

A. SETTING MODEL

Model yang dikembangkan ini dirancang untuk penyelenggaraan pembelajaran praktik di perguruan tinggi khususnya pada program studi teknik elektro atau program studi-program studi sejenis. Oleh karena model pembelajaran ini menggunakan simulator sebagai pengganti alat dan bahan praktik, maka pesertanya dipersyaratkan memiliki keterampilan yang baik terlebih dahulu terhadap cara penggunaan simulator sebelum praktik berjalan. Selain itu, karena praktik diselenggarakan secara *online*, maka pesertanya juga dipersyaratkan menguasai terlebih dahulu dengan baik cara pengoperasian perangkat-perangkat pembelajaran *online* yang diperlukan. Dengan memperhatikan kedua hal tersebut, kegiatan praktik menggunakan model ini, menyediakan 10 pertemuan dengan dua pertemuan awal dialokasikan untuk kegiatan pemberian materi penggunaan simulator dan perangkat-perangkat pembelajaran praktik *online* yang diperlukan. Deskripsi pertemuan-pertemuan tersebut disajikan melalui tabel berikut ini.

Tabel 6.
Deskripsi Pertemuan Pada Kegiatan Praktik *online*

Pertemuan	Jenis Kegiatan	Deskripsi Kegiatan
Ke-1	Tatap Muka	Pemberian materi penggunaan simulator <i>breadboard</i>
Ke-2	Tatap Muka	Pemberian materi pembelajaran praktik <i>online</i> dan instalasi persyaratan operasi
Ke-3 s.d. Ke-10	<i>Online</i>	Pelaksanaan praktik dan evaluasi <i>online</i> (tugas pendahuluan, <i>pre-test</i> , aktivitas praktik, <i>post-test</i> dan tugas laporan)

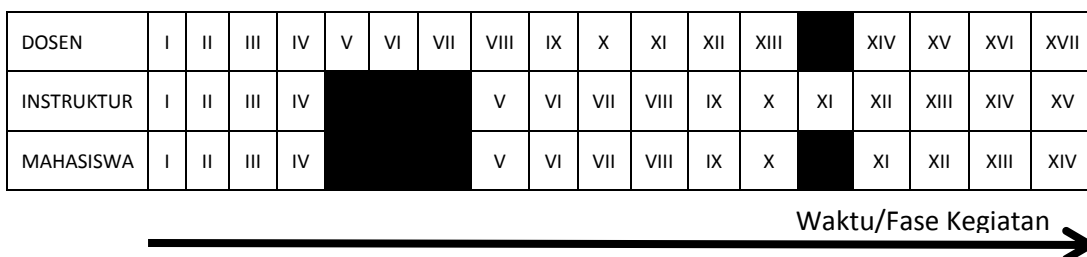
Selanjutnya, pengaturan (*setting*) untuk aspek-aspek yang penting pada pelaksanaan pembelajaran praktik *online* dengan model ini disajikan melalui tabel sebagai berikut.

Tabel 7.
Setting Kegiatan Praktik Online

Aspek	Deskripsi
Jenjang Pendidikan	Perguruan Tinggi: Program Studi Teknik Elektro atau program-studi-program studi serumpunnya
Peserta	Mahasiswa semester IV
Matakuliah	Teknik Digital atau matakuliah sejenis
Metode	Inkuiri terbimbing oleh instruktur
Pendekatan	Kolaborasi <i>online</i> dalam kelompok praktik dan setiap kelompok didampingi instruktur
Ragam Interaksi	<i>Blended Learning</i> : tatap muka dan <i>online</i>
Jenis Laboratorium	Virtual, menggunakan simulator <i>breadboard</i>
Prasyarat Peserta	Terampil menggunakan simulator dan perangkat pembelajaran <i>online</i>
Jumlah Sesi	10 sesi terdiri atas 2 sesi tatap muka dan 8 sesi <i>online</i>
Evaluasi	Tugas pendahuluan, <i>pre-test</i> , aktivitas praktik, <i>post-test</i> dan tugas laporan

B. SYNTAX MODEL

Urut-urutan atau *syntax* model pembelajaran ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis yakni *syntax* yang berhubungan dengan fase kegiatan secara menyeluruh dan *syntax* proses akuisisi pengetahuan dan keterampilan mahasiswa yang diperoleh melalui metode inkuiri terbimbing. Secara ilustratif, *syntax* model pembelajaran praktik *online* ini dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.
Syntax Pembelajaran Praktik Online Berdasarkan Fase Kegiatan Menyeluruh

Pada gambar di atas, angka-angka romawi I, II, III dan seterusnya menunjukkan fase-fase kegiatan yang dilaksanakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa. Sedangkan tanda blok menunjukkan bahwa pada fase-fase tersebut, kegiatan yang dilaksanakan merupakan kelanjutan dari kegiatan pada fase-fase sebelumnya. Penjelasan *syntax* model untuk kegiatan dosen ditunjukkan pada tabel 8 berikut ini.

Tabel 8.
Syntax Model Untuk Kegiatan Dosen Dalam Pembelajaran Praktik Online

Fase	Kegiatan	Waktu
I	Pemasangan pengumuman pendaftaran dan persyaratan praktik pada papan informasi program studi	Sebelum praktik
II	Pembagian panduan praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
III	Instalasi perangkat pendukung	Sebelum praktik
IV	Pendaftaran dosen pengampu ke admin/pengelola portal laboratorium virtual	Sebelum praktik
V	Pengaturan jadwal praktik dan grup pada portal	Sebelum praktik
VI	Pemasangan materi dan pengaturan aktivitas pembelajaran	Sebelum praktik
VII	Pengaturan kelompok praktik	Sebelum praktik
VIII	Pemasangan pengumuman <i>online</i> tentang kegiatan pra-praktik	Sebelum praktik
IX	Pemberian materi simulator <i>breadboard</i>	Sebelum praktik
X	Pemberian materi tentang pembelajaran praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
XI	Pengumpulan dan penilaian tugas pendahuluan	Sebelum praktik
XII	Pemberian <i>pre-test</i>	Saat praktik
XIII	Pembimbingan praktik	Saat praktik
XIV	Pemberian <i>post-test</i>	Saat praktik
XV	Pemberian tugas laporan, nilai dan umpan balik	Setelah praktik
XVI	Pemantauan nilai	Setelah praktik
XVII	Keluar portal laboratorium virtual	Setelah praktik

Untuk *syntax* yang berhubungan dengan aktivitas instruktur, keterangannya dijabarkan melalui tabel 9 berikut ini.

Tabel 9.
Syntax Model Untuk Kegiatan Instruktur Dalam Pembelajaran Praktik *Online*

Butir	Kegiatan	Waktu
I	Memantau pengumuman pendaftaran dan persyaratan praktik pada papan informasi program studi	Sebelum praktik
II	Pengambilan panduan praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
III	Instalasi perangkat pendukung pada komputer lokal	Sebelum praktik
IV	Pendaftaran ke admin portal laboratorium virtual	Sebelum praktik
V	Membantu dosen memberi pengumuman <i>online</i> tentang kegiatan pra-praktik	Sebelum praktik
VI	Membantu dosen dalam mengajar simulator <i>breadboard</i>	Sebelum praktik
VII	Membantu dosen dalam mengajar keterampilan praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
VIII	Mengunduh, menilai dan memberi umpan balik tugas pendahuluan	Sebelum praktik
IX	Memantau pemberian <i>pre-test</i>	Saat praktik
X	Membimbing dan memantau praktik secara <i>online</i>	Saat praktik
XI	Memberikan nilai aktivitas mahasiswa selama praktik	Saat praktik
XII	Memantau pemberian <i>post-test</i>	Saat praktik
XIII	Mengunduh, menilai dan memberi umpan balik tugas laporan	Setelah praktik
XIV	Melihat nilai	Setelah praktik
XV	Keluar portal laboratorium virtual	Setelah praktik

Syntax model untuk kegiatan mahasiswa penjelasannya disampaikan melalui tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10.
Syntax Model Untuk Kegiatan Mahasiswa Dalam Pembelajaran Praktik *Online*

Butir	Kegiatan	Waktu
I	Melihat pengumuman pendaftaran dan persyaratan praktik pada papan informasi program studi	Sebelum praktik
II	Mengambil panduan praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
III	Melakukan instalasi perangkat pendukung	Sebelum praktik
IV	Melakukan pendaftaran ke admin portal laboratorium virtual	Sebelum praktik
V	Melihat pengumuman <i>online</i> tentang kegiatan pra-praktik	Sebelum praktik
VI	Mengikuti kuliah tentang simulator <i>breadboard</i>	Sebelum praktik
VII	Mengikuti kuliah tentang pembelajaran praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
VIII	Mengerjakan dan mengirim tugas pendahuluan	Sebelum praktik
IX	Mengerjakan <i>pre-test</i>	Saat praktik
X	Melaksanakan praktik secara <i>online</i>	Saat praktik
XI	Mengerjakan <i>post-test</i>	Saat praktik
XII	Mengerjakan dan mengirim tugas laporan	Setelah praktik
XIII	Melihat nilai	Setelah praktik
XIV	Keluar portal laboratorium virtual	Setelah praktik

Sedangkan berdasarkan proses akuisisi pengetahuan/keterampilan yang diperoleh menggunakan metode inkuiri terbimbing, *syntax* model ini dapat dijelaskan melalui tabel sebagai berikut.

Tabel 11.
Syntax Model Pembelajaran Praktik Online
Berdasarkan Proses Akuisisi Pengetahuan Menggunakan Metode Inkuiri

Fase	Deskripsi
Fase I: Pemberian Masalah Kepada Mahasiswa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melalui panduan praktik dengan metode inkuiri terbimbing, dosen memberikan masalah kepada mahasiswa dalam dua bentuk: (1) pertanyaan-pertanyaan tentang prosedur percobaan yang harus dijalankan guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan, (2) pertanyaan-pertanyaan yang harus dijawab melalui percobaan 2. Dosen menyediakan informasi tentang tujuan dan alat serta bahan yang dapat digunakan untuk melakukan percobaan 3. Instruktur mendampingi kelompok praktik secara <i>online</i> dalam menyiapkan prosedur percobaan seperti penyusunan rangkaian dan penyiapan tabel-tabel pengamatan yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan
Fase II: Pengumpulan Data Lewat Verifikasi Teoritik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mahasiswa menyusun rangkaian-rangkaian digital berdasarkan teori yang dikaji sesuai tujuan yang ingin dicapai 2. Mahasiswa mengumpulkan data-data karakteristik rangkaian yang akan diselidiki lewat verifikasi teoritik 3. Mahasiswa membuat dugaan-dugaan terhadap karakteristik rangkaian berdasarkan verifikasi teoritik yang diperoleh
Fase III: Pengumpulan Data Lewat Eksperimen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mahasiswa melakukan pengujian terhadap rangkaian digital yang telah dibuatnya melalui kerja kolaborasi <i>online</i> 2. Mahasiswa melakukan eksperimen/percobaan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam pembuktian terhadap dugaan-dugaan tentang karakteristik rangkaian digital yang telah dibuatnya melalui kerja kolaborasi <i>online</i>
Fase IV: Penyajian dan Analisis Data Eksperimen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mahasiswa mengklasifikasikan data berdasarkan variabel-variabel yang diselidiknya (input dan output rangkaian) 2. Mahasiswa menyajikan data eksperimen dalam bentuk tabel kebenaran atau tabel keadaan dari rangkaian yang diselidiknya 3. Mahasiswa membandingkan data-data eksperimen dengan data-data hasil verifikasi teoritik dan melakukan perhitungan terhadap data yang diperolehnya sesuai dengan tujuan yang ditetapkan
Fase V: Diskusi dan Kesimpulan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mahasiswa melakukan pembahasan berupa penjelasan lebih lanjut (elaborasi) terhadap hasil analisis data 2. Mahasiswa menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diberikan pada tugas pendahuluan berdasarkan analisis data yang dilakukan 3. Mahasiswa menyimpulkan hasil praktik yang dilakukan

Akhir Panduan

Lampiran 1:

Tabel 12.
Hasil Studi Referensi dan Studi Pendahuluan Terhadap
Pengembangan Pembelajaran Praktik Menggunakan Simulator

Pengembangan Pembelajaran Praktik Menggunakan Simulator	Kelengkapan Pembelajaran Praktik						
	Aplikasi		Kolaborasi Praktik <i>Online</i>	Kolaborasi Umum <i>Online</i>			Terpadu Dengan LMS
	Desktop	<i>Online</i>		Chat Room	Vicon	Email/ Forum	
Hu, Cordel & Mainel (2004: 60-71)	×	√	×	×	×	×	×
Colace, De Santo, & Pietrosanto (2004:22-24)	×	√	×	×	×	×	×
Lang, et al. (2004: 1-12)	×	√	×	×	×	×	×
Babich. & Mavrommatis (2004: 1043-1050)	×	√	×	√	√	×	×
Benmohamed, Lelevé & Prévot (2005: 11-16)	×	√	×	√	×	√	√
Kantzavelou (2005: 263-274)	×	√	×	×	×	×	×
Drigas, et. al (2005)		√					
Lin & Lin (2005: 295-296)	×	√	×	×	√	√	×
Tzafestas, Palaiologou & Alifragis (2006:360-369)	×	√	×	×	×	×	×
Bardeen, et. al. (2006: 700–708)	×	√	×	×	×	×	×
Candelas, et. al. (2006:1-6)	×	√	●	√	×	√	√
Corter, et. al (2007: 1-27)	√	×	×	×	×	×	×
Mateev, Todorova & Smrikarov (2007: IV.11.1-6)	×	√	×	×	×	×	×
Saleh, Mohamed & Madkour (2009: 9-17)	×	√	×	×	×	×	×
Radu (2010: 2.78-2.81)		√			√		
Chen, Song & Zhang (2010: 3843-3852)	×	√	×	×	×	×	×
Bailey & Freeman (2010: 13-25)	√	×	×	×	×	×	×
Wolf (2010: 216-222)	×	√	×	×	×	×	×
Shokri & Faraahi (2010: 1357-1359)	×	√	×	×	×	×	×
Goodwin, et. al. (2011: 48-55)	√	×	×	×	×	×	×
Studi Pendahuluan pada penelitian ini	√	√	×	√	×	√	√
Penelitian yang dilakukan	√	√	√	√	√	√	√

Lampiran 2:

Referensi yang dikaji untuk menunjukkan perbedaan model yang dikembangkan terhadap model-model yang telah ada:

Hu, J., Cordel, D. Meinel, C. (2004). *A virtual laboratory for it security education*. Makalah disajikan dalam Lokakarya E-Business dan E-Government, EMISA, Jerman.

Colace, F., De Santo, M. , & Pietrosanto, A. (20-23 Oktober 2004). *Virtual lab for electronic engineering curricula*. Makalah disajikan dalam seminar ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference di Savannah, Amerika Serikat.

Lang, D., Mengelkamp, C., Jager, R. S., Geoffroy, D, Billaud, M. & Zimmer, T. (16-21 Oktober 2004). *Pedagogical evaluation of remote laboratories in emerge project*. Makalah disajikan dalam International Conference on Engineering Education, Gainesville, Florida.

Babich, A. & Mavrommatis, K. (27-30 Juni 2004). *Virtual laboratory concept for engineering education*. Makalah disajikan dalam International Conference on Engineering Education and Research "Progress Through Partnership", di Universitas Teknik Ostrava, Republik Czech.

Benmohamed, H., Lelevé, A. & Prévot, P. (7-9 Juli 2005). *Generic framework for remote laboratory integration*. Makalah disajikan dalam ITHET 6th Annual International Conference, di Juan Dolio, Republik Dominika.

Kantzavelou, I. (2005). A virtual lab model for an introductory computer science course. *Facta Universitatis (Nis), Ser.: Elec. Energ. Vol. 18, No. 2, 263-274*.

Drigas, A. S., Vrettaros, Koukianakis, L. G., & Glentzes, J. G. (16-18 Desember 2005). *Virtual lab and e-learning system for renewable energy sources*. Makalah disajikan dalam WSEAS International Multiconference, Tenerife, Canary Islands, Spanyol.

Lin, P.I.H. & Lin, M. (5 Juli 2005). *Design and implementation of an internet-based virtual lab system for elearning support*. Makalah disajikan dalam Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Kaohsiung, Taiwan.

Tzafestas, C. S., Palaiologou, N. & Alifragis, M. (2006). Virtual and remote robotic laboratory: Comparative experimental evaluation. *IEEE Transactions on Education, Vol. 49, No. 3, 360-369*.

Lanjutan lampiran 2:

Referensi yang dikaji untuk menunjukkan perbedaan model yang dikembangkan terhadap model-model yang telah ada:

- Bardeen, et. al. (2006). The quarknet/grid collaborative learning e-lab. *Future Generation Computer System, Volume 22, Issue 6, May 2006, Pages 700–708*.
- Candelas, F. A., Torres, F., Gil, P., Puente, S. & Pomares, J. (21-23 Juni 2006). *Including the virtual laboratory concept in an on-line collaborative environment*. Makalah disajikan dalam 7th IFAC Symposium on Advances in Control Education, di Escuela Politécnica Superior de Ingenieros Industriales, Spanyol.
- Corter, J. E., Nickerson, J. V., Esche, S. K., Chassapis, C., Im, S. & Ma, J. (2007). Constructing reality: A study of remote, hands-on, and simulated laboratories. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 14, No. 2, Article 7, 7-27.
- Mateev, V., Todorova, S. & Smrikarov, A. (2007). Test system in digital logic design virtual laboratory-tasks delivery. *Proceedings of the 2007 International Conference on Computer Systems and Technologies, New York*.
- Saleh, K. F., Mohamed, A. M., & Madkour, H. (2009). Developing virtual laboratories environments for engineering education. *International Journal of Arts and Sciences 3(1)*, 9-17.
- Radu, T. (2010). Virtual and remote control lab experiment using matlab. *Annals of the Oradea University. Faculty of Management and Technological Engineering, Volume IX (XIX), 2010, NR*.
- Chen, X., Song, G. & Zhang, Y. (2010). Virtual and remote laboratory development: A review. *Earth and Space 2010: Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments*, 3843-3852.
- Bailey, C. & Freeman, M. J. (2010). A Java bread-board simulator: Digital circuit simulation with an open-source toolset. *IADIS International Journal on Computer Science and Information System*, Volume VV, 1, 13-25.
- Wolf, T. (2010). Assessing student learning in a virtual laboratory environment. *IEEE Transactions on Education*, Vol. 53, No. 2, 216-222.
- Shokri, A. & Faraahi, A. (2010). Designing of virtual laboratories based on extended event driving simulation method. *World Academy of Science, Engineering and Technology 68*, 1357-1359.
- Goodwin, G. C., Medioli, A. M., Sher, W., Vlacic, & L. B. Welsh, J. S. (2011). Emulation-based virtual laboratories: a low-cost alternative to physical experiments in control engineering education. *IEEE Transaction on Education*, Vol. 54, NO. 1, 48-55.



Modul 2

Satuan Acara Perkuliahan/ Praktik Teknik Digital Dan Perangkat Evaluasi

Muchlas

Modul 2

Satuan Acara Perkuliahan/
Praktik Teknik Digital
Dan Perangkat Evaluasi

Muchlas

Satuan Acara Perkuliahan

Kode>Nama Mata Kuliah	: TG22032/Teknik	Deskripsi mata kuliah	: Mata kuliah ini memberikan pengetahuan tentang dasar-dasar analisis dan perancangan rangkaian logika kombinasi dan sekuensi serta implementasinya.
Satuan Kredit Semester	: Digital		
Jumlah jam kuliah dalam seminggu	: 2 SKS 2 jam		
Jumlah jam kegiatan laboratorium dalam seminggu	: 3 jam	Standar kompetensi	: Mahasiswa mampu melakukan analisis dan perancangan rangkaian logika sederhana yang terdiri atas rangkaian logika kombinasi dan sekuensi.
Semester	: IV		

Pertemuan Ke-	Kompetensi Dasar	Indikator	Materi	Aktivitas Pembelajaran	Rujukan
1	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar aspek-aspek penting dalam Teknik Digital	<p>Setelah mengikuti kuliah ini, mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. pengertian sistem dan rangkaian digital 2. pengertian besaran biner dalam berbagai representasi 3. penerapan konsep representasi transfer paralel dan serial 4. penerapan konsep operasi memori dan non-memori 5. penerapan konsep organisasi komputer digital 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem dan rangkaian digital 2. Representasi besaran biner 3. Representasi paralel dan serial 4. Operasi memori dan non-memori 5. Organisasi komputer digital 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Diskusi 3. Demonstrasi 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[2]: 1-9 [3]: 1-17 [4]: 1-15</p>

2	Mahasiswa dapat mendeskripsikan pengertian berbagai sistem bilangan	<p>Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. arti sistem bilangan desimal 2. arti sistem bilangan biner dalam konteks sistem desimal 3. arti sistem bilangan oktal dalam konteks sistem desimal 4. arti sistem bilangan heksadesimal dalam konteks sistem desimal 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian Sistem Bilangan 2. Sistem bilangan desimal 3. Sistem bilangan biner 4. Sistem bilangan oktal 5. Sistem bilangan heksadesimal 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Tanya jawab 3. Demonstrasi 4. Quiz 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[1]: 1-5 [2]: 10-21 [3]: 19-29 [4]: 18-35</p>
3	Mahasiswa dapat melakukan konversi sistem bilangan	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mengubah berbagai sistem bilangan ke sistem desimal 2. mengubah sistem bilangan desimal ke berbagai sistem bilangan 3. mengubah sistem biner ke sistem oktal dan heksadesimal dengan cepat 4. mengubah sistem oktal dan heksadesimal ke sistem biner dengan cepat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konversi sistem biner, oktal dan heksadesimal ke sistem desimal 2. Konversi sistem desimal ke sistem biner, oktal dan heksadesimal 3. Konversi sistem biner ke sistem oktal dan heksadesimal 4. Konversi sistem oktal dan heksadesimal ke sistem biner 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Diskusi 3. Demonstrasi 4. Quiz 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[1]: 1-5 [2]: 10-21 [3]: 27-38 [4]: 18-35</p>

4	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menerapkan konsep sistem kode	<p>Mahasiswa dapat mengubah:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. sistem desimal ke sistem kode BCD atau sebaliknya 2. sistem desimal ke sistem kode XS-3 atau sebaliknya 3. sistem desimal ke sistem kode Gray atau sebaliknya 4. bilangan, huruf dan simbol ke dalam kode ASCII berparitas ganjil dan genap atau sebaliknya 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian sistem kode 2. Sistem kode BCD 3. Sistem kode Excess-3 4. Sistem kode Gray 5. Sistem kode ASCII 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Diskusi 3. Demonstrasi 4. Penugasan mencari informasi penerapan sistem kode pada berbagai kasus 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[1]: 1-5 [2]: 10-21 [3]: 38-48 [4]: 18-35</p>
---	---	--	---	---	---

5	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak gerbang logika dasar	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. menjelaskan arti konstanta dan variabel Boole pada gerbang logika 2. menjelaskan manfaat tabel kebenaran 3. menggambarkan simbol dan menuliskan persamaan logika gerbang-gerbang logika dasar 4. menyebutkan seri IC TTL gerbang-gerbang logika dasar dan menggambarkan susunan pin yang tersedia 5. menjelaskan watak gerbang-gerbang logika dasar melalui tabel kebenaran dan diagram waktu 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konstanta dan variabel Boole 2. Tabel kebenaran 3. Gerbang OR 4. Gerbang AND 5. Gerbang NOT 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Tanya jawab 3. Demonstrasi 4. Quiz 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[1]: 10-11 [2]: 22-95 [3]: 53-70 [4]: 37-79</p>
---	---	--	--	---	---

6	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar prinsip-prinsip deskripsi, evaluasi dan implementasi rangkaian logika	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mendeskripsikan rangkaian logika menggunakan persamaan maupun simbol gerbang logika 2. mengevaluasi <i>output</i> rangkaian logika dalam bentuk deskripsi simbol dan persamaan Boole 3. mengimplementasikan rangkaian logika dari persamaan menjadi rangkaian 4. menggambar rangkaian logika menggunakan simbol gerbang dan koneksi secara benar 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mendeskripsikan rangkaian logika 2. Mengevaluasi <i>output</i> rangkaian logika 3. Mengimplementasikan rangkaian logika 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Diskusi dan kolaborasi dalam kelompok 3. Quiz 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 5. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[1]: 10-11 [2]: 22-95 [3]: 71-79 [4]: 37-79</p>
---	--	--	--	---	---

7	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak gerbang universal NOR dan NAND serta hukum-hukum aljabar Boole sebagai dasar analisis dan perancangan rangkaian logika	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. menggambarkan simbol dan menuliskan persamaan logika gerbang NOR dan NAND 2. menyebutkan seri IC TTL gerbang NOR dan NAND serta menggambarkan susunan pin yang tersedia 3. menjelaskan watak gerbang NOR dan NAND melalui tabel kebenaran dan diagram waktu 4. menuliskan ekspresi dari teorema variabel tunggal dan jamak pada aljabar Boole 5. menjelaskan watak universal gerbang NOR dan NAND 6. melakukan minimalisasi rangkaian menggunakan teorema de Morgan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gerbang NOR dan NAND 2. Teorema aljabar Boole 3. Teorema de Morgan 4. Universalitas gerbang NOR dan NAND 5. Minimalisasi dengan teorema de Morgan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Diskusi 3. Demonstrasi 4. Penugasan kepada mahasiswa untuk merancang suatu rangkaian logika menggunakan gerbang universal 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[1]: 10-11 [2]: 22-95 [3]: 80-103 [4]: 37-79</p>
Ujian Tengah Semester					

8	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar dasar-dasar analisis dan perancangan logika kombinasi menggunakan Aljabar Boole	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mendefinisikan pengertian rangkaian logika kombinasi 2. menyebutkan dan menjelaskan bentuk persamaan logika 3. menerapkan konsep Aljabar Boolean untuk meminimalisasi suatu rangkaian logika 4. merancang rangkaian logika kombinasi sederhana 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian Rangkaian Logika Kombinasi 2. Bentuk persamaan logika 3. Minimalisasi rangkaian logika dengan aljabar Boole 4. Perancangan rangkaian logika kombinasi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Tanya jawab 3. Diskusi 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 5. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[2]: 96-174 [3]:107-132 [4]: 81-117</p>
9	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar dasar-dasar analisis dan perancangan logika kombinasi menggunakan metode peta Karnaugh	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. memperoleh bentuk persamaan minimum dari persamaan logika yang diketahui menggunakan metode peta Karnaugh 2. memperoleh bentuk persamaan minimum dari tabel kebenaran yang diketahui menggunakan metode peta Karnaugh 3. mengubah persamaan minimum ke dalam bentuk NOR atau NAND 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode peta Karnaugh 2. Bentuk-bentuk Rangkaian Logika dengan NOR dan NAND 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 3. Tanya jawab 4. Diskusi 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[2]: 96-174 [3]:130-151 [4]: 81-117</p>

10	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi mencakup komparator, <i>half adder</i> , dan <i>full adder</i>	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mendefinisikan pengertian rangkaian komparator (XOR dan XNOR), <i>half adder</i>, dan <i>full adder</i> 2. menyusun tabel kebenaran dan persamaan logika dari rangkaian komparator (XOR dan XNOR), <i>half adder</i>, dan <i>full adder</i> 3. menggambarkan rangkaian komparator (XOR dan XNOR), <i>half adder</i>, dan <i>full adder</i> dalam bentuk SOP, POS, NAND, NOR serta simbol 4. menjelaskan cara kerja rangkaian komparator (XOR dan XNOR), <i>half adder</i>, dan <i>full adder</i> 5. menyebutkan seri IC TTL XOR, XNOR, dan <i>full adder</i> serta menggambarkan susunan pin yang tersedia 	<p>Modul-modul Logika Kombinasi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Komparator (XOR dan XNOR) 2. Half Adder 3. Full Adder 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Diskusi 3. Demonstrasi 4. Quiz 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[2]:175-231 [3]:160-182 [4]:358-407</p>
----	---	---	---	---	--

11	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi multiplekser, demultiplekser, enkoder dan dekoder	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mendefinisikan pengertian rangkaian multiplekser, demultiplekser, enkoder dan dekoder 2. menyusun tabel kebenaran dan persamaan logika dari rangkaian multiplekser, demultiplekser, enkoder dan dekoder 3. menggambarkan rangkaian multiplekser, demultiplekser, enkoder dan dekoder 4. menjelaskan cara kerja rangkaian multiplekser, demultiplekser, enkoder dan dekoder 5. menyebutkan seri IC TTL multiplekser, demultiplekser, enkoder dan dekoder serta menggambarkan susunan pin yang tersedia 	<p>Modul-modul logika Kombinasi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Multiplekser dan demultiplekser 2. Enkoder dan dekoder 3. Rangkaian terintegrasi modul-modul logika kombinasi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Tanya jawab 3. Diskusi 4. Demonstrasi 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[2]:175-231 [3]:183-228 [4]:358-407</p>
----	--	--	---	--	--

12	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja elemen rangkaian sekuensial flip-flop	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mendefinisikan pengertian rangkaian sekuensial 2. mendefinisikan flip-flop jenis SR, JK, D, dan T. 3. menggambarkan rangkaian dan simbol serta menuliskan persamaan Boole dari flip-flop SR, JK, D, serta T 4. menjelaskan watak flip-flop jenis SR, JK, D, dan T melalui tabel kebenaran dan diagram waktu 5. menjelaskan cara kerja dari flip-flop SR, JK, D, serta T 6. menyebutkan seri IC TTL dan susunan pin yang tersedia dari flip-flop SR, JK, D, serta T 	<p>Modul-modul Logika Sekuensial:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian logika sekuensial 2. Flip-flop S-R 3. Flip-flop S-R Canggih 4. Flip-flop JK 5. Flip-flop D 6. Flip-flop T 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Diskusi 3. Demonstrasi 4. Quiz 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[1]:12-14 [2]:232-266 [3]:235-266 [4]:220-285</p>
----	---	--	--	---	--

13	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar dasar-dasar analisis dan perancangan rangkaian logika sekuensial	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. membuat tabel kebenaran dan diagram transisi dari persamaan/rangkaian sekuensial yang diketahui 2. menuliskan persamaan output dari rangkaian sekuensial yang diketahui 3. membuat diagram transisi dari definisi rangkaian sekuensial 4. menuliskan persamaan berdasarkan diagram transisi yang diperoleh 5. menggambar rangkaian berdasarkan persamaan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis rangkaian sekuensial 2. Perancangan rangkaian sekuensial 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Demonstrasi 3. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 4. Waktu kuliah: 90 menit 	[3]:267-283
----	---	---	---	--	-------------

14	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja modul-modul logika sekuensial mencakup rangkaian pencacah dan register	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mendefinisikan pengertian pencacah dan register 2. menjelaskan cara kerja pencacah dan register 3. merancang pencacah sinkron dan asinkron berbagai modulo menggunakan flip-flop JK, D dan T 4. menggambarkan rangkaian internal IC pencacah 7493 dan susunan pin yang tersedia 5. merancang pencacah asinkron berbagai modulo menggunakan IC 7493 6. merancang register paralel dan geser menggunakan flip-flop maupun IC register 7. menjelaskan berbagai jenis transfer register 	<p>Modul-modul Logika Sekuensial</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pencacah 2. Register 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceramah 2. Tanya jawab 3. Diskusi 4. Demonstrasi 5. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator breadboard 6. Waktu kuliah: 90 menit 	<p>[1]: 12-14 [2]:232-266 [3]:287-357 [4]:220-285</p>
Ujian Akhir Semester					

Level Taksonomi :	Pengetahuan	30 %
	Pemahaman	20 %
	Penerapan	15 %
	Analisis	15%
	Sintesis	10 %
	Evaluasi	10 %

Komposisi Penilaian: :	Aspek Penilaian	Persentase
	Ujian Akhir Semester	30 %
	Ujian Tengah Semester	30 %
	Tugas Mandiri	10 %
	Keaktifan Mahasiswa	5 %
	Quiz	15 %
	Sikap	5 %
	Presensi	5 %
	Total	100%

Daftar Referensi:

- [1]. Hall, D.V., 1992, Microprocessors and Interfacing. Programming and Hardware, McGraw-Hill, Lake Forest, Illinois.
- [2]. Hill, F.J., 1981, Switching Theory and Logical Design, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [3]. Muchlas, 2005, Rangkaian Digital, Gava Media, Yogyakarta.
- [4]. Tocci, R.J., 1985. Digital Systems. Principles and Applications. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Satuan Acara Praktik

Kode>Nama Mata Kuliah	: TG22032/Praktik Teknik Digital	Deskripsi : Praktikum	: Praktik ini memberikan pengetahuan dan keterampilan tentang dasar-dasar analisis dan perancangan rangkaian logika.
Satuan Kredit Semester	: 1 SKS		
Jumlah jam kegiatan laboratorium dalam seminggu	: 3 jam		
Semester	: IV	Standar kompetensi	: Mahasiswa mampu melakukan analisis dan perancangan rangkaian logika sederhana yang terdiri atas rangkaian logika kombinasi dan sekuensi.

Pertemuan Ke-	Kompetensi Dasar	Indikator	Materi	Aktivitas Pembelajaran	Rujukan
1	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak gerbang logika dasar dan universal	Setelah mengikuti praktik ini, mahasiswa akan dapat:			

		<ol style="list-style-type: none"> 1. menggambarkan simbol dan menuliskan persamaan logika gerbang dasar serta universal 2. mengenal IC TTL gerbang logika dasar dan universal serta dapat menggambarkan susunan pin yang tersedia 3. menjelaskan watak gerbang logika dasar dan universal melalui tabel kebenaran dan diagram waktu berdasarkan hasil eksperimen 4. membuktikan universalitas gerbang NOR dan NAND 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konstanta dan variabel Boole 2. Tabel kebenaran 3. Gerbang OR 4. Gerbang AND 5. Gerbang NOT 6. Gerbang NOR 7. Gerbang NOR 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimen 2. Kerja kelompok: diskusi dan kolaborasi 3. Inkuri terbimbing 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu praktik: 3 jam termasuk <i>pre-test</i> dan <i>post-tet</i> 	<p>[1]: 10-11 [2]: 22-95 [3]: 53-70 [4]: 37-79</p>
--	--	---	--	--	--

2	Mahasiswa dapat menganalisis dan merancang rangkaian logika kombinasi sederhana	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. menganalisis rangkaian kombinasi sederhana secara eksperimen 2. merancang rangkaian logika kombinasi sederhana dengan jumlah gerbang minimum 3. merancang rangkaian logika kombinasi sederhana dengan jenis gerbang minimum 4. terampil menyusun rangkaian logika sederhana hasil perancangan menggunakan IC logika TTL 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian Rangkaian Logika Kombinasi 2. Bentuk persamaan logika 3. Minimalisasi rangkaian logika dengan aljabar Boole 4. Perancangan rangkaian logika kombinasi 5. Metode peta Karnaugh 6. Bentuk-bentuk Rangkaian Logika dengan NOR dan NAND 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimen 2. Kerja kelompok: diskusi dan kolaborasi 3. Inkuri terbimbing 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu praktik: 3 jam termasuk <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> 	<p>[2]: 96-174 [3]:107-151 [4]: 81-117</p>
---	---	---	--	---	--

3	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi mencakup komparator, <i>half adder</i> , dan <i>full adder</i>	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. terampil menyusun rangkaian komparator biner menggunakan bentuk SOP dan XOR 2. menentukan watak komparator biner secara eksperimen 3. terampil menyusun rangkaian <i>half adder</i> dan <i>full adder</i> 1-bit menggunakan gerbang XOR dan gerbang logika dasar serta menentukan wataknya 4. merancang <i>full adder</i> paralel 4-bit dan menentukan wataknya 5. menjelaskan cara kerja komparator dan <i>adder</i> 	<p>Modul-modul Logika Kombinasi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Komparator (XOR dan XNOR) 2. Half Adder 3. Full Adder 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimen 2. Kerja kelompok: diskusi dan kolaborasi 3. Inkuri terbimbing 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu praktik: 3 jam termasuk <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> 	<p>[2]:175-231 [3]:160-182 [4]:358-407</p>
---	---	--	---	---	--

4	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi multiplexer dan demultiplexer	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. terampil menyusun rangkaian multiplexer dan demultiplexer menggunakan gerbang-gerbang logika dasar 2. menentukan watak multiplexer dan demultiplexer secara eksperimen 3. menjelaskan cara kerja multiplexer dan demultiplexer 	<p>Modul-modul logika Kombinasi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Multiplexer 2. Demultiplexer 3. Rangkaian terintegrasi multiplexer dan demultiplexer 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimen 2. Kerja kelompok: diskusi dan kolaborasi 3. Inkuri terbimbing 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu praktik: 3 jam termasuk <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> 	<p>[2]:175-231 [3]:183-197 [4]:358-407</p>
5	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi enkoder dan dekoder	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. terampil menyusun rangkaian enkoder desimal ke BCD dan dekoder BCD ke desimal, menggunakan gerbang-gerbang logika dasar 2. menentukan watak enkoder dan dekoder secara eksperimen 3. menjelaskan cara kerja enkoder dan dekoder 	<p>Modul-modul logika Kombinasi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Enkoder 2. Dekoder 3. Rangkaian terintegrasi enkoder dan dekoder 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimen 2. Kerja kelompok: diskusi dan kolaborasi 3. Inkuri terbimbing 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu praktik: 3 jam termasuk <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> 	<p>[2]:175-231 [3]:197-228 [4]:358-407</p>

6	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja elemen rangkaian sekuensial flip-flop	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. terampil menyusun rangkaian flip-flop jenis SR, JK, D, dan T menggunakan gerbang-gerbang logika dasar maupun modul IC 2. menentukan watak flip-flop jenis SR, JK, D, dan T secara eksperimen 3. terampil menyusun rangkaian dan menentukan watak <i>toggle</i> menggunakan <i>flip-flop</i> JK, D dan T 4. menjelaskan cara kerja rangkaian flip-flop jenis SR, JK, D, dan T, serta rangkaian <i>toggle</i> 	<p>Modul-modul Logika Sekuensial:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengertian logika sekuensial 2. Flip-flop S-R 3. Flip-flop S-R Canggih 4. Flip-flop JK 5. Flip-flop D 6. Flip-flop T 7. Rangkaian <i>Toggle</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimen 2. Kerja kelompok: diskusi dan kolaborasi 3. Inkuri terbimbing 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu praktik: 3 jam termasuk <i>pre-test</i> dan <i>post test</i> 	<p>[1]:12-14 [2]:232-266 [3]:235-266 [4]:220-285</p>
---	---	---	--	---	--

7	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja pencacah	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. merancang pencacah asinkron berbagai modulo menggunakan flip-flop JK dan D 2. merancang pencacah asinkron berbagai modulo menggunakan IC 74393 3. menentukan watak pencacah hasil rancangan secara eksperimen 4. menjelaskan cara kerja pencacah 	<p>Modul-modul Logika Sekuensial</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pencacah Asinkron 2. Pencacah Sinkron 3. Rangkaian Trintegrasi Pencacah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimen 2. Kerja kelompok: diskusi dan kolaborasi 3. Inkuri terbimbing 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu praktik: 3 jam termasuk <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> 	<p>[1]: 12-14 [2]:232-266 [3]:287-340 [4]:220-285</p>
8	Mahasiswa dapat menjelaskan dengan benar watak dan cara kerja register	<p>Mahasiswa dapat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. merancang rangkaian register paralel dan register geser menggunakan flip-flop D maupun rangkaian terintegrasi 2. menentukan watak register hasil rancangan secara eksperimen 3. menjelaskan cara kerja register paralel dan register geser 	<p>Modul-modul Logika Sekuensial</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Register Paralel 2. Register Geser 3. Transfer Register 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksperimen 2. Kerja kelompok: diskusi dan kolaborasi 3. Inkuri terbimbing 4. Media pembelajaran: laboratorium virtual dengan simulator <i>breadboard</i> 5. Waktu praktik: 3 jam termasuk <i>pre-test</i> dan <i>post test</i> 	<p>[1]: 12-14 [2]:232-266 [3]:340-357 [4]:220-285</p>

Level Taksonomi :	Pengetahuan	15 %
	Pemahaman	20 %
	Penerapan	30 %
	Analisis	15%
	Sintesis	10 %
	Evaluasi	10 %

Komposisi Penilaian: :	Aspek Penilaian	Persentase
	Tugas Pendahuluan	15%
	Pre-test	15%
	Sikap dan Keaktifan Mahasiswa	15%
	Post-test	25%
	Tugas Laporan Mandiri	30%
	Total	100%

Daftar Referensi:

- [5]. Hall, D.V., 1992, Microprocessors and Interfacing. Programming and Hardware, McGraw-Hill, Lake Forest, Illinois.
- [6]. Hill, F.J., 1981, Switching Theory and Logical Design, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [7]. Muchlas, 2005, Rangkaian Digital, Gava Media, Yogyakarta.
- [4]. Tocci, R.J., 1985. Digital Systems. Principles and Applications. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Soal *Pre-Test* Praktik Teknik Digital

Petunjuk: Baca setiap soal dengan cermat dan teliti. Berikan tanda lingkaran pada jawaban yang Anda anggap paling tepat!

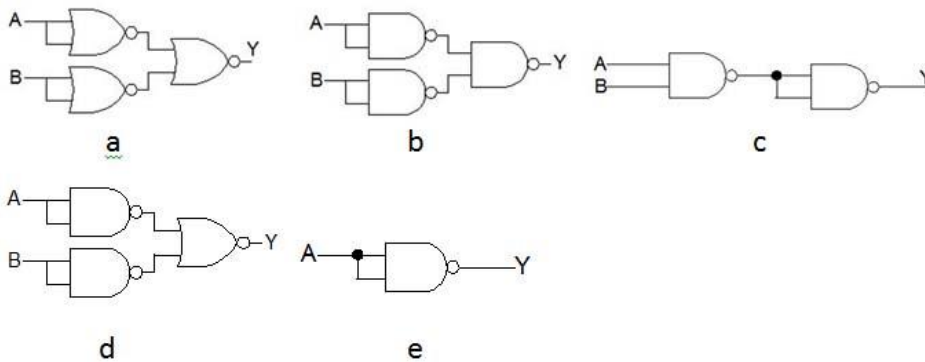
Sesi Praktik ke-1:

1. Gerbang logika yang memberikan output tinggi hanya dan hanya jika semua inputnya tinggi adalah:
 - a. OR
 - b. AND
 - c. NOT
 - d. NOR
 - e. NAND
2. Sedangkan gerbang logika yang memberikan output rendah jika salah satu atau lebih inputnya bernilai tinggi adalah:
 - a. OR
 - b. AND
 - c. NOT
 - d. NOR
 - e. NAND
3. Pengertian gerbang OR adalah gerbang logika yang memberikan:
 - a. Output tinggi jika salah satu atau lebih inputnya bernilai tinggi
 - b. Output rendah jika salah satu atau lebih inputnya bernilai tinggi
 - c. Output tinggi jika dan hanya jika semua inputnya bernilai tinggi
 - d. Output rendah jika dan hanya jika semua inputnya bernilai tinggi
 - e. Output rendah jika salah satu inputnya bernilai tinggi
4. Jika A, B adalah input dan Y adalah output, gerbang logika apakah yang memiliki tabel kebenaran seperti berikut ini?

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

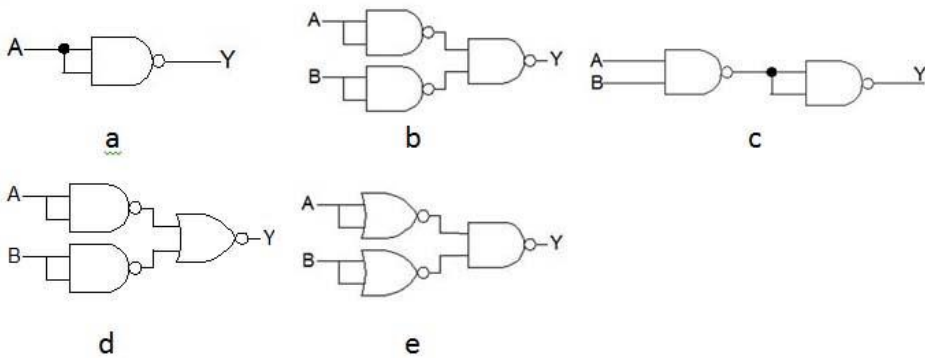
- a. OR
- b. AND
- c. NOT
- d. NOR
- e. NAND

5. Rangkaian logika berikut ini yang memberikan output sama dengan gerbang OR adalah:



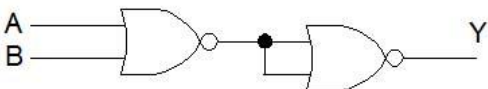
- a. Gambar a
- b. Gambar b
- c. Gambar c
- d. Gambar d
- e. Gambar e

6. Sedangkan rangkaian yang memberikan output sama dengan gerbang AND adalah:



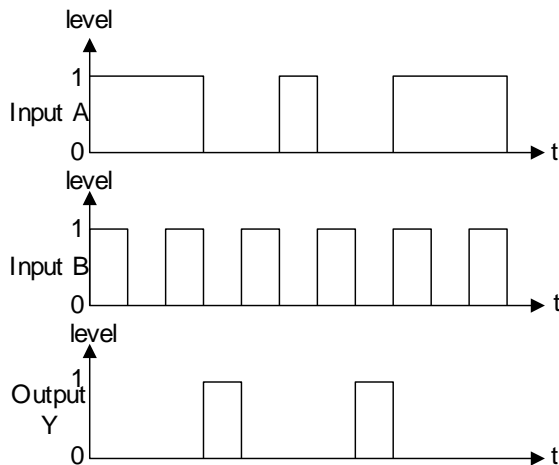
- a. Gambar a
- b. Gambar b
- c. Gambar c
- d. Gambar d
- e. Gambar e

7. Rangkaian berikut ini akan memberikan output yang sama dengan gerbang:



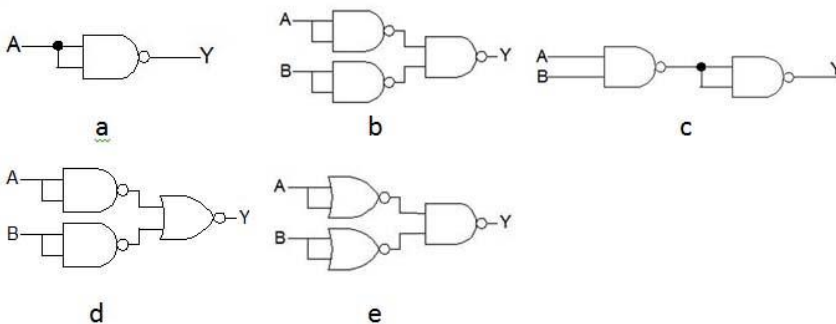
- a. OR
- b. AND
- c. NOT
- d. NOR
- e. NAND

8. Gerbang apakah yang memberikan output bentuk gelombang berikut ini?

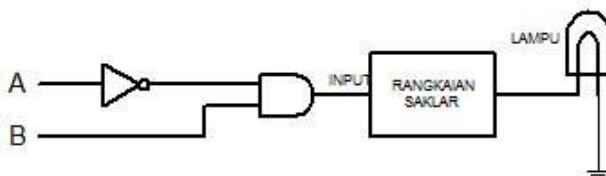


- a. OR
- b. AND
- c. NOT
- d. NOR
- a. NAND

9. Rangkaian manakah yang sesuai untuk persamaan logika $Y=A.B$



10. Terdapat sebuah rangkaian saklar yang akan memberikan keadaan ON apabila inputnya bernilai tinggi. Input rangkaian saklar dihubungkan dengan rangkaian logika seperti gambar di bawah ini. Jika input A bernilai rendah dan input B bernilai tinggi, maka:



- a. Input rangkaian bernilai rendah dan lampu menyala
- b. Input rangkaian bernilai tinggi dan lampu menyala
- c. Input rangkaian bernilai rendah dan lampu padam
- d. Input rangkaian bernilai tinggi dan lampu padam
- e. Lampu padam

Sesi Praktik Ke-2:

11. Teorema-teorema aljabar Boole yang semuanya benar di bawah ini adalah:

- a. $A+1=1, A+A=2A, A.0=0$
- b. $A+1=1, A+A=2A, A+0=A$
- c. $A+1=1, A+A=A, A+0=A$
- d. $A.1=1, A+A=A, A+1=A$
- e. $A+1=0, A+A=A, A+1=A$

12. Persamaan $Y = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$ menurut de Morgan sama dengan persamaan:

- a. $Y = \overline{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}}$
- b. $Y = \overline{A} \overline{B} \overline{C}$
- c. $Y = \overline{A + B + C}$
- d. $Y = \overline{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}}$
- e. $Y = \overline{\overline{A} \overline{B} \overline{C}}$

13. Persamaan berikut ini yang termasuk jenis *standard sum of product* adalah:

- a. $Y = (A + \overline{B} + C)(\overline{A} + B + \overline{C})(A + B + C) + (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})$
- b. $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C$
- c. $Y = A(\overline{B} + C) + (A + B)\overline{C} + ABC + \overline{A}B\overline{C}$
- d. $Y = \overline{A}\overline{B} + \overline{A}B$
- e. $Y = \overline{A}\overline{B} + \overline{A}B + A$

14. Perhatikan tabel kebenaran hasil eksperimen berikut ini:

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

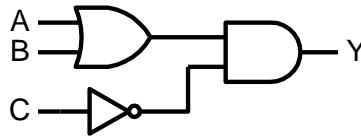
Persamaan logika bentuk *sum of product* yang dihasilkan dari tabel tersebut adalah:

- a. $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}$
- b. $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$
- c. $Y = (\overline{A} + \overline{B} + C)(\overline{A} + B + \overline{C})(A + \overline{B} + \overline{C})(A + \overline{B} + C)(A + B + C)$
- d. $Y = (A + B + C)(A + \overline{B} + C)(\overline{A} + \overline{B} + C)$
- e. $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}$

15. Persamaan dalam bentuk *standar product of sum* untuk tabel tersebut adalah:

- $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}$
- $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C$
- $Y = (\overline{A} + \overline{B} + C)(\overline{A} + B + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(A + \overline{B} + C)(A + B + C)$
- $Y = (A + B + C)(A + \overline{B} + C)(\overline{A} + \overline{B} + C)$
- $Y = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}BC + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + ABC$

16. Tabel kebenaran yang sesuai untuk rangkaian berikut ini adalah:



A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

a

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

b

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

c

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

d

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

e

17. Bentuk paling sederhana dari persamaan

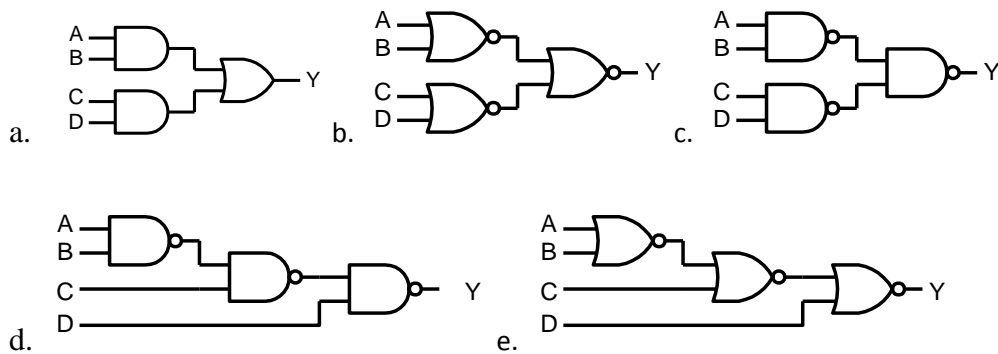
$Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + \overline{A}BC$ adalah:

- $Y = \overline{A}B + \overline{C}$
- $Y = AB + C$
- $Y = A + \overline{B}C$
- $Y = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + C$
- $Y = A + BC$

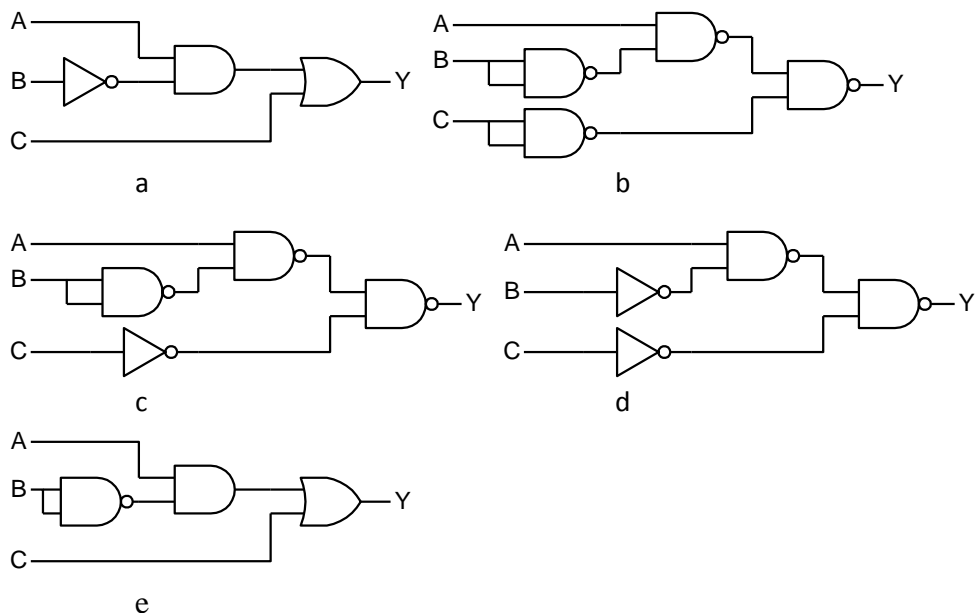
18. Bentuk NAND dari persamaan pada soal nomor 17 yang paling tepat adalah:

- $Y = \overline{\overline{A} \bullet \overline{BC}}$
- $Y = \overline{\overline{A} \bullet B \bullet C}$
- $Y = \overline{\overline{A} \bullet \overline{B} \bullet \overline{C}}$
- $Y = \overline{\overline{A} \bullet \overline{BC}}$
- $Y = \overline{\overline{A} \bullet B \bullet C}$

19. Bentuk NAND dari persamaan $Y=AB+CD$ adalah:



20. Implementasi paling murah dari rangkaian $Y = A\bar{B} + C$ berikut ini adalah:

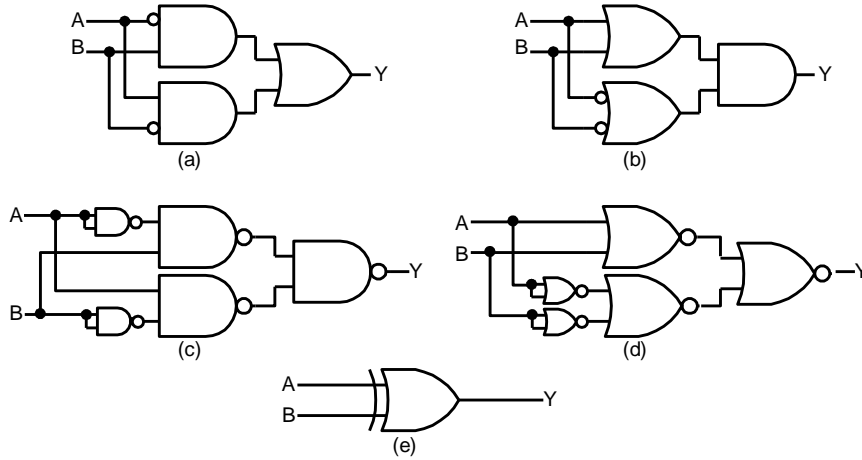


Sesi Praktik Ke-3:

21. Rangkaian yang menghasilkan logika tinggi pada outputnya apabila terdapat perbedaan pada kedua inputnya disebut:

- Multiplexer
- Non-equality comparator
- Equality comparator
- Exclusive NOR
- Half Adder

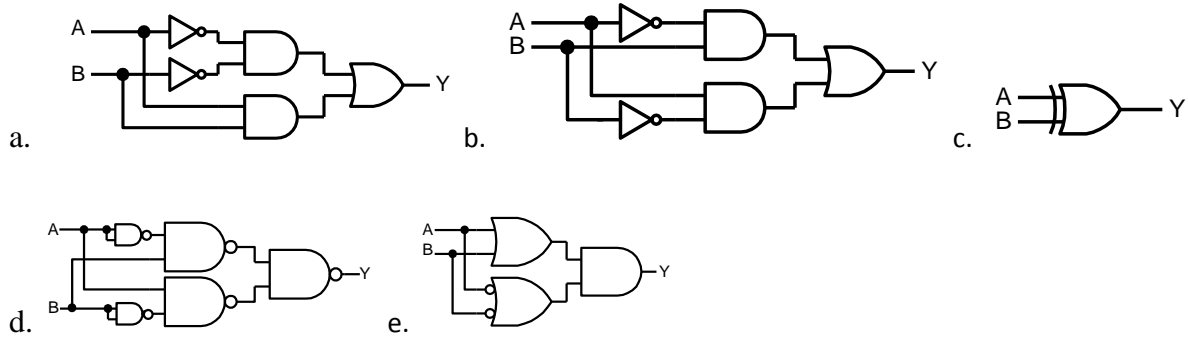
22. Bentuk *sum of product* dari *non-equality comparator* adalah:



23. Fungsi *non-equality comparator* sama dengan fungsi gerbang:

- a. XNOR
- b. NOR
- c. XOR
- d. OR
- e. NAND

24. Mana dari rangkaian berikut ini yang menunjukkan fungsi *equality comparator*?



25. Tabel kebenaran yang menunjukkan fungsi *non-equality comparator* adalah:

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

a

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

b

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

c

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

d

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

e

26. Persamaan yang menunjukkan output dari *equality comparator* adalah:

- $Y = \overline{A}B + A\overline{B}$
- $Y = \overline{A}B + AB$
- $Y = AB + A\overline{B}$
- $Y = A \oplus B$
- $Y = AB + \overline{A}\overline{B}$

27. Tabel kebenaran untuk *half adder* adalah:

A	B	Y	Cn
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

a

A	B	Y	Cn
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

b

A	B	Y	Cn
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1

c

A	B	Y	Cn
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	1	1

d

A	B	Y	Cn
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	1

e

28. Definisi yang tepat dari *full adder* adalah:

- Penjumlah dengan dua buah input dan satu buah output
- Penjumlah dengan output mengandung *carry*
- Penjumlah dengan output mengandung *sum* dan *carry*
- Penjumlah yang melibatkan *carry* (bawaan) sebelumnya pada inputnya
- Penjumlah dengan dua input

29. Mana dari tabel kebenaran berikut ini yang menunjukkan fungsi *full adder* 1-bit!

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

a

A	B	Cp	S	Co
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

b

A	B	Cp	S	Co
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

c

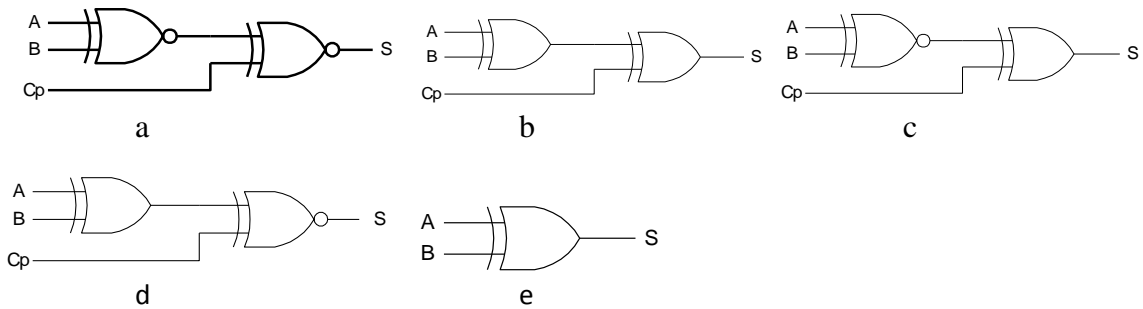
A	B	Cp	S	Co
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0

c

A	B	Cp	S	Co
0	0	0	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	0

d

30. Mana dari rangkaian berikut yang menunjukkan fungsi *sum* pada *full adder*:

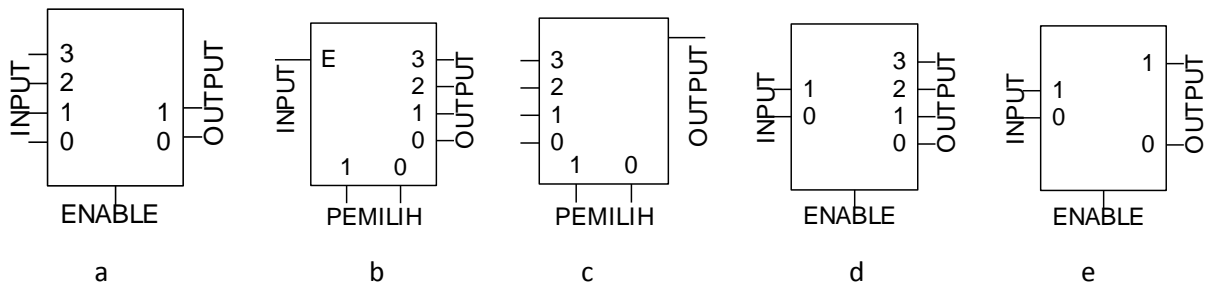


Sesi Praktik Ke-4:

31. Multiplexer adalah rangkaian logika yang berfungsi:

- Mendistribusikan data yang ada pada inputnya ke output tertentu yang dipilih
- Memilih data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
- Mencampur data yang ada pada inputnya
- Menahan data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
- Meneruskan data yang ada pada inputnya

32. Mana dari gambar berikut ini yang menggambarkan simbol multiplexer 4 ke 1?



33. Dalam kehidupan sehari-hari, multiplexer banyak diterapkan pada peralatan:

- SPST (*single-pole single-throw*) atau saklar tunggal
- DPDT (*double-pole double-throw*) atau saklar dengan kutub dan terminal ganda
- SPDT (*single-pole double-throw*) atau saklar dengan kutub tunggal terminal ganda
- Gabungan SPST dan DPDT
- Gabungan SPDT dan DPDT

34. Tabel kebenaran yang sesuai untuk multiplexer 4 ke 1 adalah:

PEMILIH		OUTPUT			
S1	S0	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	I	0	0	0
0	1	0	I	0	0
1	0	0	0	I	0
1	1	0	0	0	I

PEMILIH		OUTPUT			
S1	S0	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0

PEMILIH		OUTPUT	
S1	S0	D1	D0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1

c

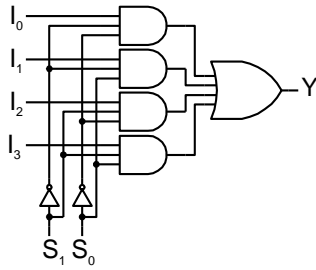
PEMILIH		OUTPUT
S1	S0	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	1

d

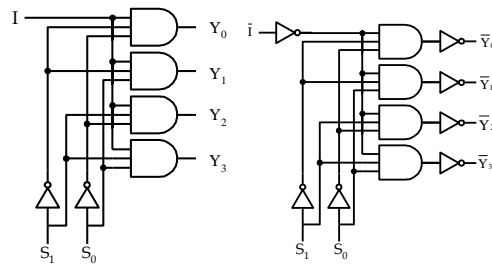
PEMILIH		OUTPUT
S1	S0	Y
0	0	I_0
0	1	I_1
1	0	I_2
1	1	I_3

e

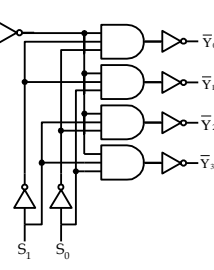
35. Rangkaian multiplekser 4 ke 1 dalam bentuk *sum of product* adalah:



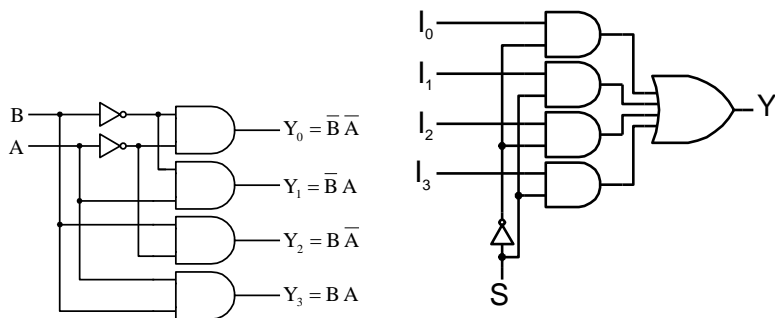
a



b



c



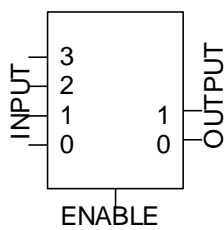
d

e

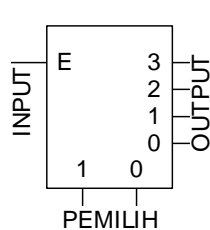
36. Demultiplekser adalah rangkaian logika yang berfungsi:

- Mendistribusikan data yang ada pada inputnya ke output tertentu yang dipilih
- Memilih data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
- Mencampur data yang ada pada inputnya
- Menahan data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
- Meneruskan data yang ada pada inputnya

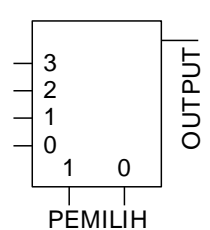
37. Mana dari gambar berikut ini yang menggambarkan simbol demultiplekser 1 ke 4?



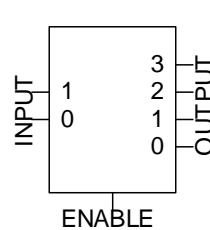
a



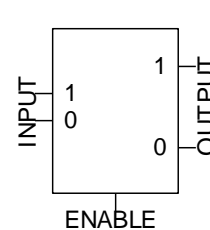
b



c



d



e

38. Tabel kebenaran yang sesuai untuk demultiplekser 1 ke 4 jenis output ACTIVE-HIGH adalah:

PEMILIH		OUTPUT			
S1	S0	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	I	0	0	0
0	1	0	I	0	0
1	0	0	0	I	0
1	1	0	0	0	I

a

PEMILIH		OUTPUT			
S1	S0	Y3	Y2	Y1	Y0
0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0

b

PEMILIH		OUTPUT	
S1	S0	D1	D0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1

c

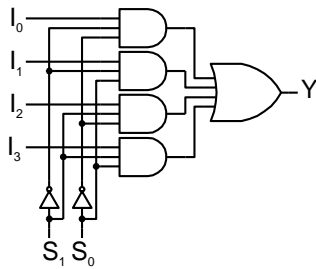
PEMILIH		OUTPUT
S1	S0	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	1

d

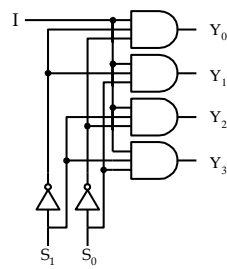
PEMILIH		OUTPUT
S1	S0	Y
0	0	I ₀
0	1	I ₁
1	0	I ₂
1	1	I ₃

e

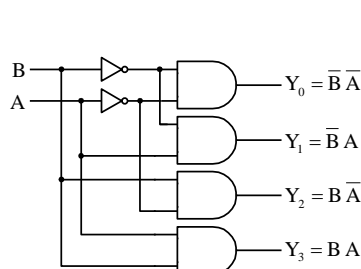
39. Rangkaian demultiplekser 1 ke 4 jenis input dan outputnya ACTIVE-LOW adalah:



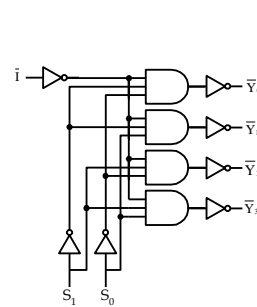
a



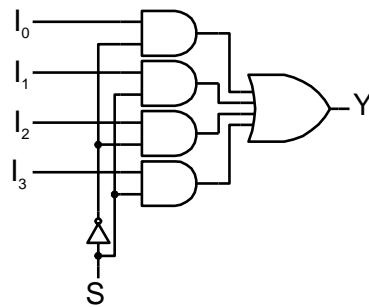
b



c



d



e

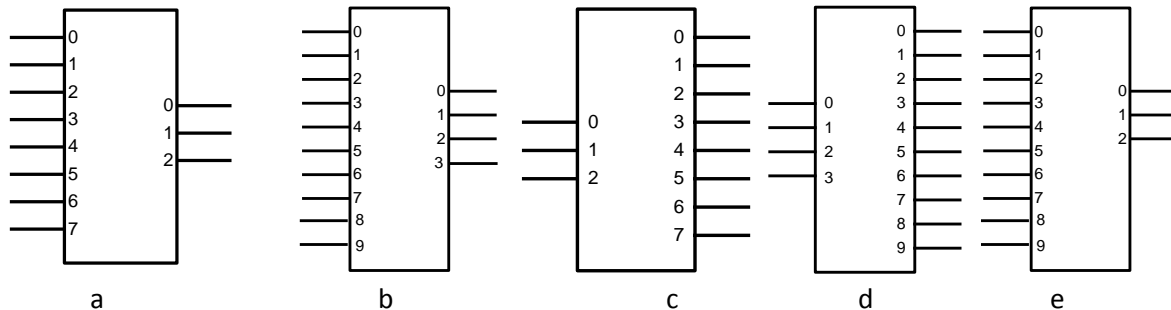
40. Persamaan yang menunjukkan fungsi demultiplekser 1 ke 4 adalah:

- $Y = \bar{S}_1 \bar{S}_0 I_0 + \bar{S}_1 S_0 I_1 + S_1 \bar{S}_0 I_2 + S_1 S_0 I_3$
- $Y_0 = \bar{S}_1 \bar{S}_0 I, Y_1 = \bar{S}_1 S_0 I, Y_2 = S_1 \bar{S}_0 I, Y_3 = S_1 S_0 I$
- $Y_0 = \bar{S}_1 \bar{S}_0, Y_1 = \bar{S}_1 S_0, Y_2 = S_1 \bar{S}_0, Y_3 = S_1 S_0$
- $Y_0 = \bar{S}_1 \bar{S}_0 I_0, Y_1 = \bar{S}_1 S_0 I_1, Y_2 = S_1 \bar{S}_0 I_2, Y_3 = S_1 S_0 I_3$
- $Y = (\bar{S}_1 \bar{S}_0 I_0)(\bar{S}_1 S_0 I_1)(S_1 \bar{S}_0 I_2)(S_1 S_0 I_3)$

Sesi Praktik Ke-5:

41. Enkoder adalah rangkaian logika yang berfungsi:
- Menafsirkan kode-kode yang ada pada inputnya sehingga dapat dibaca pada outputnya
 - Meneruskan data yang ada pada inputnya seperti data aslinya
 - Mengubah data yang ada pada inputnya menjadi data lain yang berbeda
 - Mengubah data yang ada pada inputnya menjadi kode-kode standar tertentu
 - Membangkitkan data analog pada outputnya
42. Kode BCD yang valid dari beberapa kode berikut ini adalah:
- 1001 1100 1111 0001
 - 0000 0101 1110 0011 1001 1100
 - 1011 0001 0010 0011 0111
 - 0110 0111 0000 0100 1100
 - 0111 0101 0000 0001 1000 1001
43. Hasil konversi bilangan 12 desimal ke dalam sistem kode BCD adalah:
- 1100
 - 0000 1100
 - 1100 0000
 - 0001 0010
 - 0000 0001 0010

44. Berikut ini gambar yang mewakili enkoder desimal ke BCD adalah:



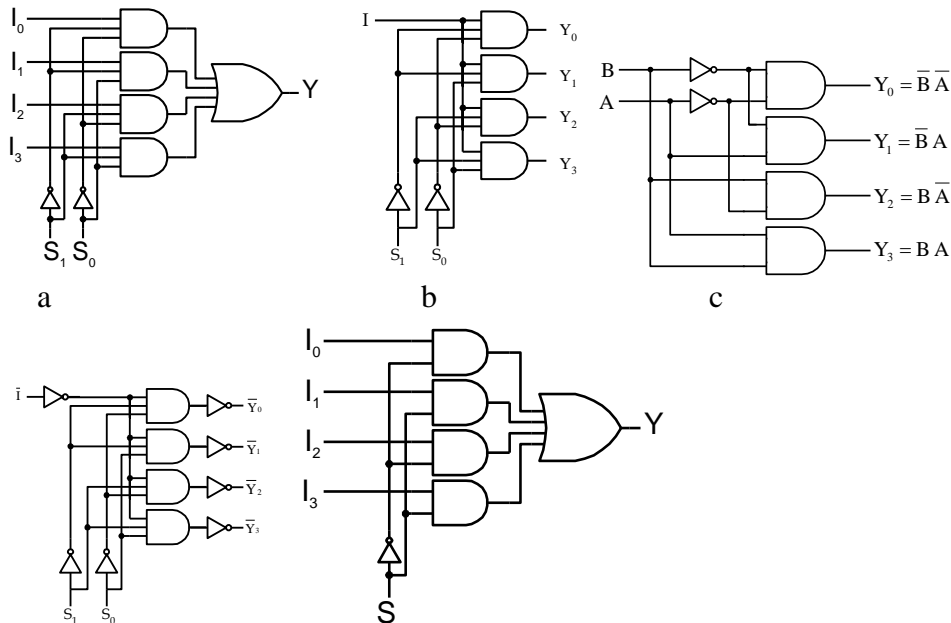
45. Jenis enkoder yang memiliki tabel kebenaran berikut ini adalah::

INPUT								OUTPUT		
0	1	2	3	4	5	6	7	C	B	A
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

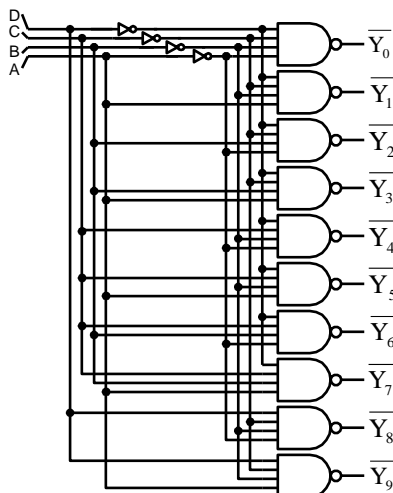
- a. Input dan output ACTIVE-LOW
- b. Input dan output ACTIVE-HIGH
- c. Input ACTIVE-HIGH, output ACTIVE-LOW
- d. Input ACTIVE-LOW, output ACTIVE-HIGH
- e. Enkoder prioritas jenis ACTIVE-LOW

46. Dekoder adalah rangkaian logika yang berfungsi:
- a. Menafsirkan kode-kode yang ada pada inputnya sehingga dapat dibaca pada outputnya
 - b. Meneruskan data yang ada pada inputnya seperti data aslinya
 - c. Mengubah data yang ada pada inputnya menjadi data lain yang berbeda
 - d. Mengubah data yang ada pada inputnya menjadi kode-kode standar tertentu
 - e. Membangkitkan data analog pada outputnya

47. Rangkaian dekoder 2 ke 4 tanpa *enable* ditunjukkan oleh oleh gambar:



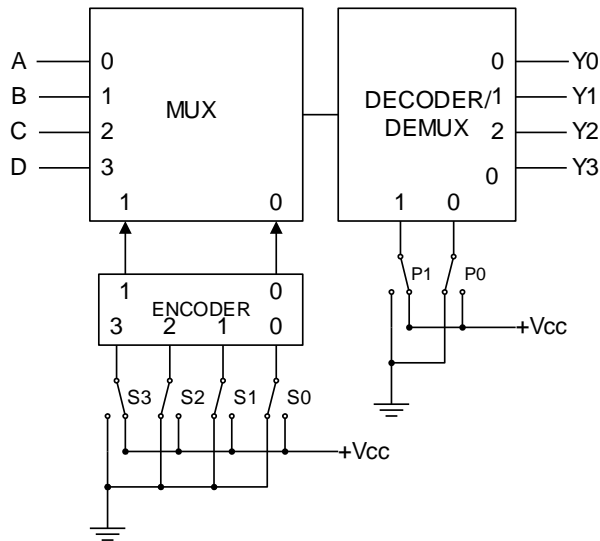
48. Perhatikan rangkaian berikut ini:



Rangkaian tersebut adalah:

- Dekoder BCD ke desimal jenis input dan output ACTIVE-HIGH
- Dekoder BCD ke desimal jenis input dan output ACTIVE-LOW
- Dekoder BCD ke desimal jenis input ACTIVE-LOW, output ACTIVE-HIGH
- Dekoder BCD ke desimal jenis input ACTIVE-HIGH, output ACTIVE-LOW
- Bukan rangkaian dekode

49. Perhatikan gambar berikut ini:



Dalam posisi saklar seperti itu, output yang benar adalah:

- Y0=A, Y1=0, Y2=0, Y3=0
- Y0=0, Y1=B, Y2=0, Y3=0
- Y0=0, Y1=0, Y2=C, Y3=0
- Y0=0, Y1=0, Y2=0, Y3=D
- Y0=0, Y1=0, Y2=D, Y3=0

50. Tabel di bawah ini adalah tabel kebenaran untuk rangkaian:

[illegible]

- Dekoder 4 ke 16
- Dekoder BCD ke Desimal
- Dekoder BCD ke Heksadesimal
- Dekoder 4 ke 8
- Dekoder BCD ke Oktal

Sesi Praktik Ke-6:

51. Definisi flip-flop yang paling tepat adalah:

- Flip-flop merupakan rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data
- Flip-flop adalah memori 1-bit
- Flip-flop adalah elemen terkecil dari rangkaian sekuensial
- Flip-flop adalah elemen rangkaian pencacah
- Flip-flop adalah elemen rangkaian register

52. Tabel kebenaran untuk flip-flop SR adalah:

S	R	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	?

a

S	R	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_{n-1}}$

b

S	R	Q _n
0	0	$\overline{Q_{n-1}}$
0	1	0
1	0	1
1	1	Q _{n-1}

c

S	R	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	?

d

S	R	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	$\overline{Q_{n-1}}$

e

53. Tabel kebenaran untuk flip-flop JK adalah:

J	K	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	?

a

J	K	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_{n-1}}$

b

J	K	Q _n
0	0	$\overline{Q_{n-1}}$
0	1	0
1	0	1
1	1	Q _{n-1}

c

J	K	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	?

d

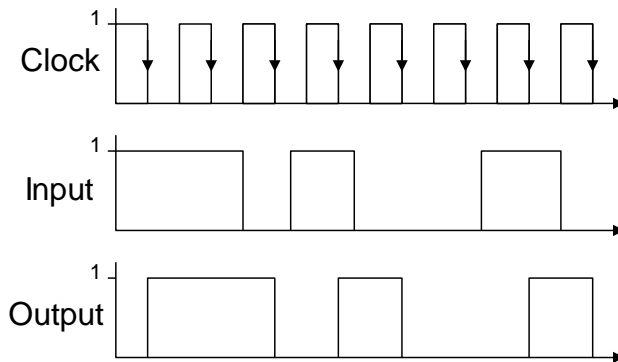
J	K	Q _n
0	0	Q _{n-1}
0	1	1
1	0	0
1	1	$\overline{Q_{n-1}}$

e

54. Flip-flop yang berfungsi membalik output yang lalu dinamakan:

- Flip-flop D
- Flip-flop SR
- Flip-flop JK
- Flip-flop SR-clocked
- Flip-flop T

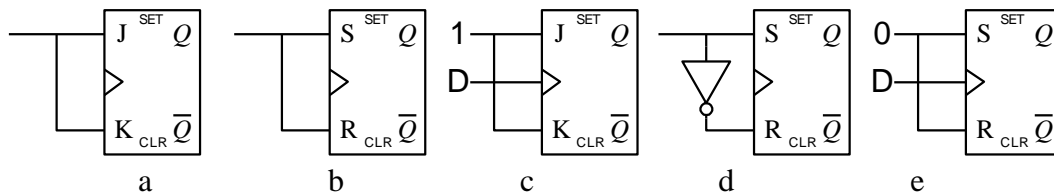
55. Perhatikan diagram waktu berikut ini:



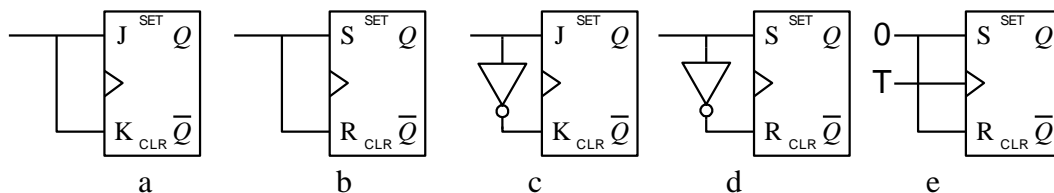
Flip-flop yang menampilkan diagram waktu tersebut adalah:

- Flip-flop D
- Flip-flop SR
- Flip-flop JK
- Flip-flop SR-clocked
- Flip-flop T

56. Cara yang benar untuk memperoleh flip-flop D adalah:



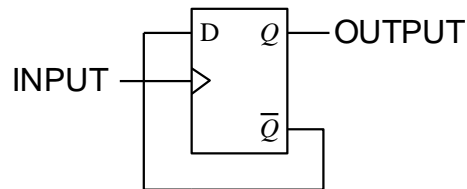
57. Gambar yang benar untuk memperoleh watak flip-flop T adalah:



58. Jenis flip-flop yang akan aktif jika sinyal *clock* berubah dari 0 ke 1 adalah:

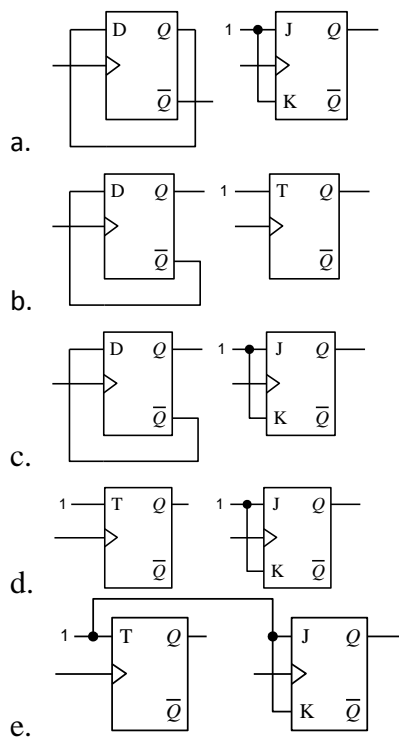
- Edge-triggered
- JK Master-Slave
- SR-Clocked
- Negative edge-triggered
- Positive edge-triggered

59. Rangkaian berikut ini memiliki watak:



- Mempertahankan keadaan outputnya setiap ada sinyal *clock*
- Selalu bernilai tinggi setiap ada sinyal *clock*
- Selalu bernilai rendah setiap ada sinyal *clock*
- Membalik keadaan output sebelumnya setiap ada sinyal *clock*
- Sinyal *clock* tidak berpengaruh terhadap outputnya

60. Berikut ini adalah cara memperoleh rangkaian *toggle*, kecuali:



Sesi Praktik Ke-7:

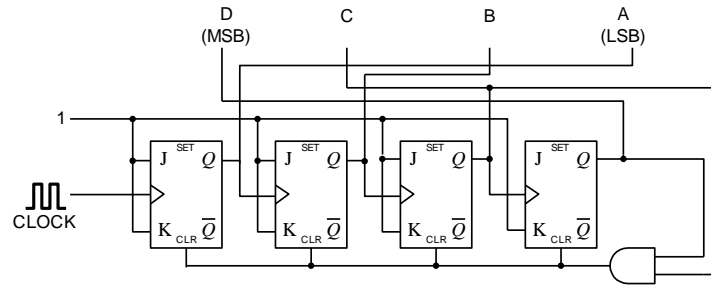
61. Rangkaian sekuensial adalah rangkaian logika yang outputnya:
- tidak dilengkapi dengan memori
 - tidak tergantung pada waktu
 - tergantung pada keadaan inputnya
 - tergantung pada keadaan output sebelumnya
 - tergantung *clock*
62. Pengertian pencacah (*counter*) yang paling tepat adalah:
- Rangkaian logika yang outputnya diambil dari output flip-flop penyusunnya
 - Rangkaian logika yang berfungsi menjumlah sinyal pada input-inputnya
 - Rangkaian logika yang mengandung elemen flip-flop
 - Rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data dalam satu baris memori
 - Rangkaian logika sekuensial yang berfungsi menjumlah pulsa *clock* yang masuk ke inputnya
63. Pencacah yang setiap elemennya bekerja secara tidak bersamaan dinamakan:
- Pencacah Sinkron
 - Pencacah Asinkron
 - Pencacah Pulsa
 - Pencacah Ring
 - Pencacah Up-Down
64. Tabel kebenaran berikut ini menunjukkan watak:

CACAH (COUNT)	OUTPUT		
	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	0	0	0

- Pencacah Sinkron
 - Pencacah Asinkron
 - Pencacah Modulo-5
 - Pencacah Modulo-6
 - Pencacah Modulo-4
65. Untuk membangun pencacah modulo 13 diperlukan flip-flop sebanyak:
- Dua buah
 - Tiga buah
 - Empat buah
 - Lima buah
 - Enam buah

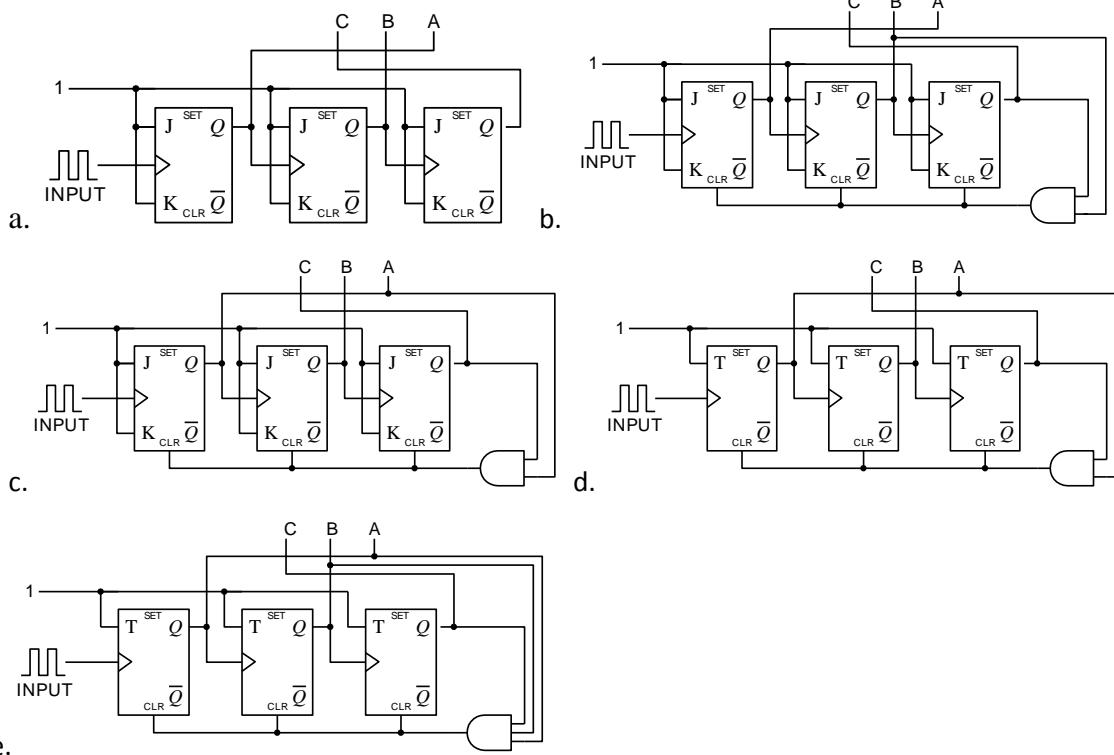
66. Berapa flip-flop yang digunakan untuk membuat counter pada jam digital?
- Untuk jam: 9 buah flip-flop, untuk menit: 2 buah flip-flop, untuk detik: 2 buah flip-flop
 - Untuk jam: 8 buah flip-flop, untuk menit: 3 buah flip-flop, untuk detik: 3 buah flip-flop
 - Untuk jam: 7 buah flip-flop, untuk menit: 4 buah flip-flop, untuk detik: 4 buah flip-flop
 - Untuk jam: 6 buah flip-flop, untuk menit: 5 buah flip-flop, untuk detik: 5 buah flip-flop
 - Untuk jam: 5 buah flip-flop, untuk menit: 6 buah flip-flop, untuk detik: 6 buah flip-flop

67. Rangkaian berikut ini adalah pencacah jenis:

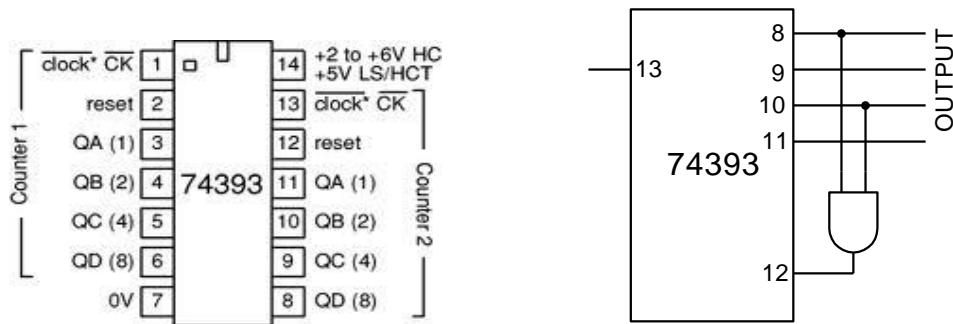


- Modulo-12
- Modulo-16
- Modulo-10
- Modulo-11
- Modulo-9

68. Rangkaian untuk pencacah modulo-6 yang benar adalah:



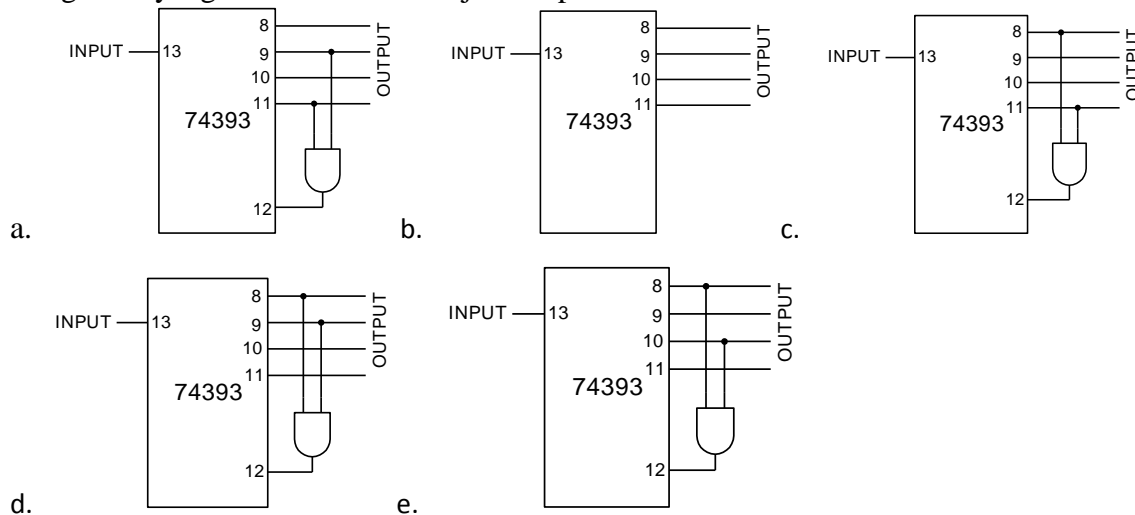
69. Perhatikan gambar berikut ini:



Gambar sebelah kanan adalah rangkaian pencacah:

- Modulo-10
- Modulo-11
- Modulo-12
- Modulo-13
- Modulo-14

70. Rangkaian yang benar untuk mewujudkan pencacah modulo-12 adalah:

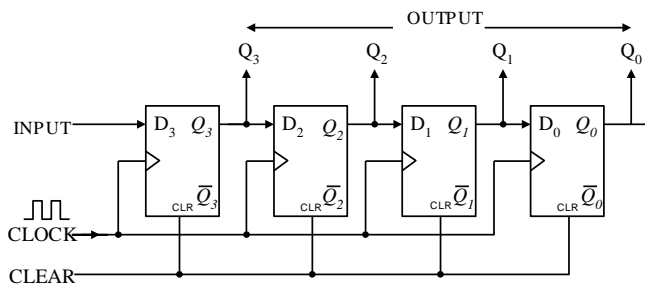


Sesi Praktik Ke-8:

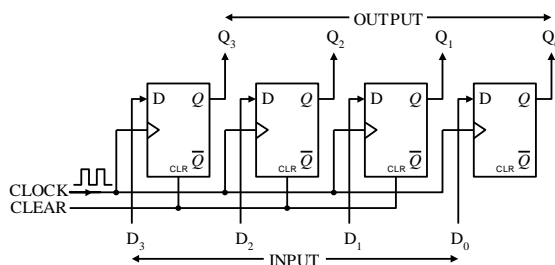
71. Definisi register yang tepat adalah:

- Rangkaian logika sekuensial yang hanya dapat menyimpan data 1-bit
- Rangkaian logika yang berfungsi sebagai penghitung bit data
- Rangkaian logika yang berfungsi sebagai penyimpan data permanen
- Rangkaian logika yang berfungsi sebagai memori yang hanya dapat dibaca
- Rangkaian logika yang berfungsi sebagai penyimpan data sementara

72. Register yang dapat menyimpan semua data yang terpasang pada inputnya secara serempak dalam satu waktu dinamakan:
- SIPO
 - PISO
 - PIPO
 - SISO
 - Register geser
73. Dibandingkan dengan PIPO, SIPO dalam melakukan penyimpanan data:
- Lebih cepat
 - Lebih lambat
 - Sama
 - Tidak tentu
 - Tergantung jumlah bit datanya
74. *Shift register* melakukan penyimpanan data dengan cara:
- Data dimasukkan secara serempak dengan menggeser bit-bit nya
 - Data dimasukkan secara serial dimulai dari data MSB
 - Data dimasukkan secara serial dimulai dari data LSB
 - Data dimasukkan secara serempak dalam waktu yang bersamaan
 - Data dimasukkan dengan cara menggeser bit-bit nya dimulai dari MSB
75. Rangkaian berikut ini adalah register jenis:

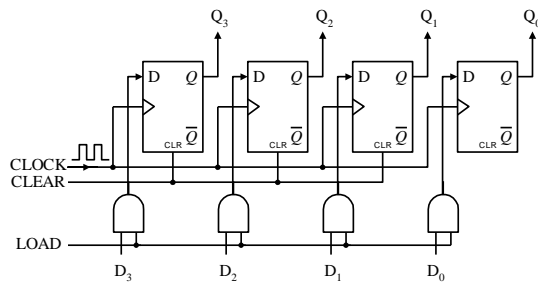


- SIPO
 - PISO
 - PIPO
 - SISO
 - Register paralel
76. Rangkaian berikut ini adalah register jenis:



- SIPO
- PISO
- PIPO
- SISO
- Register paralel

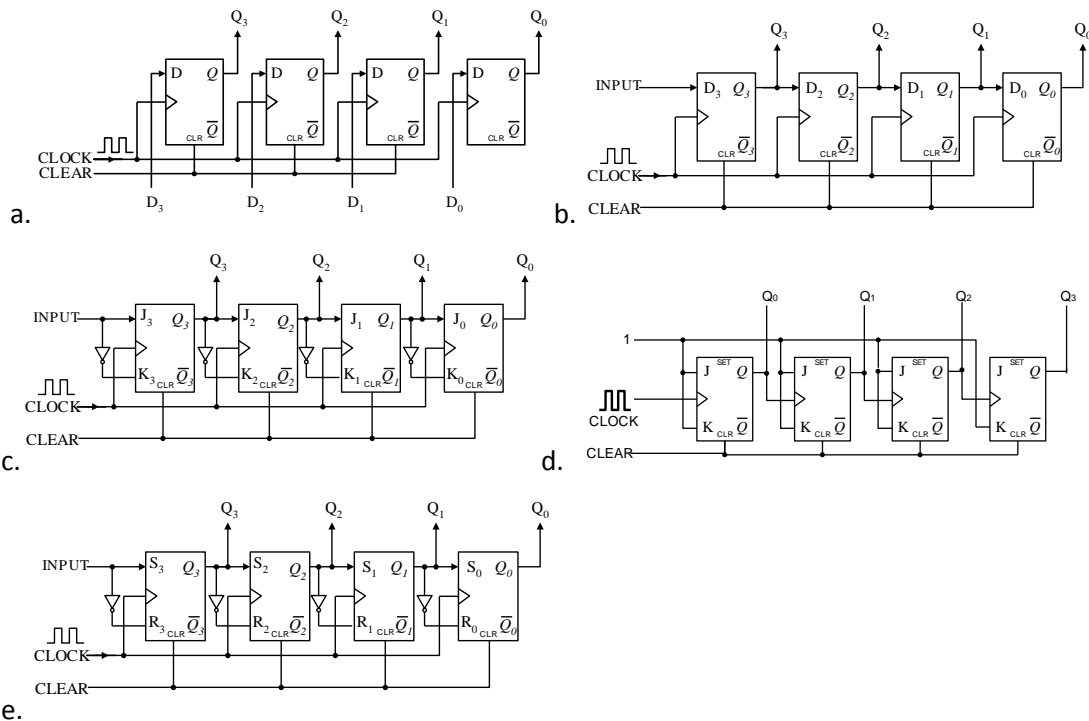
77. Perhatikan gambar berikut ini:



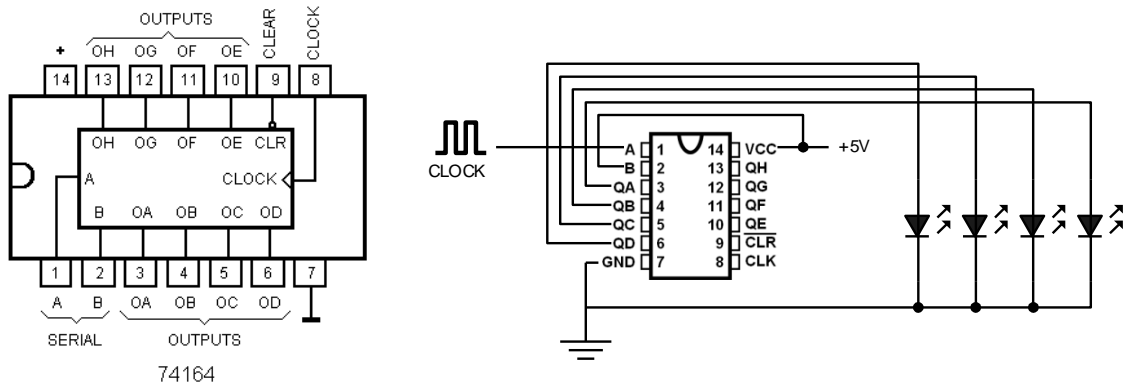
Untuk menyimpan data 1001 ke dalam register, pemberian sinyal yang benar adalah:

- CLEAR=0, LOAD=1, CLOCK=1
- CLEAR=1, LOAD=1, CLOCK=1
- CLEAR=0, LOAD=0, CLOCK=1
- CLEAR=1, LOAD=0, CLOCK=1
- CLEAR=0, LOAD=1, CLOCK=0

78. Berikut ini adalah rangkaian register kecuali:



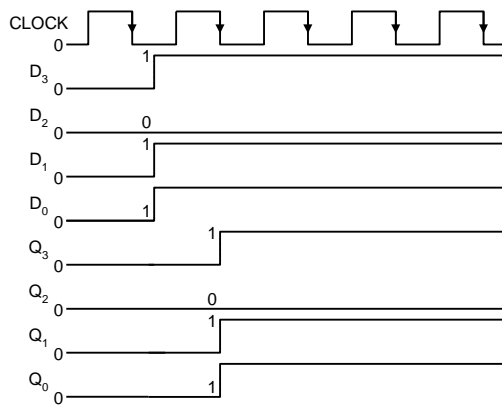
79. Perhatikan gambar berikut ini:



Gambar sebelah kanan adalah rangkaian register menggunakan IC74164 jenis:

- PIPO
- SIPO
- PISO
- SISO
- Register paralel

80. Diagram waktu di bawah ini menggambarkan proses penyimpanan data pada register:



- Register Seri
- SIPO
- PISO
- SISO
- PIPO

Soal *Post-Test* Praktik Teknik Digital

Soal *post-test* materinya sama dengan soal *pre-test*, hanya beberapa nomornya saling ditukar seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel Hubungan Nomor Butir *Pre-Test* dan *Post-Test*

Nomor Soal <i>Pre- Test</i>	Nomor Soal <i>Post-Test</i>	Nomor Soal <i>Pre- Test</i>	Nomor Soal <i>Post-Test</i>	Nomor Soal <i>Pre- Test</i>	Nomor Soal <i>Post-Test</i>	Nomor Soal <i>Pre- Test</i>	Nomor Soal <i>Post-Test</i>
1	2	21	24	41	41	61	61
2	3	22	26	42	42	62	63
3	5	23	22	43	43	63	62
4	1	24	25	44	44	64	65
5	6	25	21	45	45	65	64
6	4	26	23	46	46	66	66
7	7	27	27	47	47	67	68
8	10	28	29	48	48	68	67
9	8	29	30	49	49	69	70
10	9	30	28	50	50	70	69
11	12	31	31	51	51	71	71
12	11	32	32	52	53	72	72
13	13	33	33	53	54	73	73
14	14	34	34	54	52	74	74
15	15	35	35	55	55	75	75
16	16	36	36	56	56	76	76
17	17	37	37	57	57	77	78
18	18	38	38	58	60	78	77
19	19	39	39	59	58	79	80
20	20	40	40	60	59	80	79



Modul 3

Buku Ajar Teknik Digital

Untuk Mahasiswa Teknik Elektro
dan Program Studi Serumpun

Muchlas

Modul 3

Buku Ajar Teknik Digital

Untuk Mahasiswa Teknik Elektro
dan Program Studi Serumpun

Muchlas

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur dipanjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan petunjukNya sehingga penulisan Buku Ajar Teknik Digital ini dapat diselesaikan dengan baik.

Seluruh materi dalam buku ini dikelompokkan ke dalam tujuh bab yang telah disusun secara urut dan sistematis sehingga pembaca dapat memperoleh pengetahuan yang utuh terhadap rangkaian digital. Ketujuh bab itu adalah Rangkaian dan Sistem Digital, Sistem Bilangan dan Sistem Kode, Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole, Rangkaian Logika Kombinasi, Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC, Rangkaian Logika Sekuensi, Pencacah dan Register. Selain diperuntukkan bagi mahasiswa program studi Teknik Elektro, buku ajar ini juga dapat digunakan oleh para mahasiswa program studi lain yang serumpun seperti Teknik Informatika, Teknik Komputer, Sstem Informasi, Ilmu Komputer, dan bahkan oleh para mahasiswa Ilmu Fisika dan Pendidikan Fisika yang mengambil mata kuliah sejenis dengan Teknik Digital.

Melalui buku ajar ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami secara komprehensif dasar-dasar analisis dan perancangan rangkaian logika yang merupakan landasan bagi pengembangan kompetensi utama di lingkungan program studi Teknik Elektro atau program studi-program studi serumpunnya.

Kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ajar ini diucapkan terimakasih. Semoga bantuan tersebut menjadi amal sholeh dan mendapat imbalan pahala dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Dengan berbagai kekurangannya, buku ajar ini diharapkan dapat memberikan manfaat sesuai dengan fungsinya. Masukan-masukan dari siapapun sangat dinanti demi perbaikan buku ajar ini.

Yogyakarta, September 2012

Muchlas

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	v
Daftar Gambar	vii
 Kompetensi Dasar I, Tujuan Pembelajaran I, dan Garis Besar Materi I.....	 1
BAB I RANGKAIAN DAN SISTEM DIGITAL	2
A. Rangkaian Digital	2
B. Sistem Digital	2
C. Representasi Besaran Digital	3
D. Soal Latihan	6
 Kompetensi Dasar II, Tujuan Pembelajaran II, dan Garis Besar Materi III	 9
BAB II SISTEM BILANGAN DAN SISTEM KODE	10
A. Sistem Bilangan	10
B. Konversi Sistem Biner, Oktal, dan Heksadesimal ke Sistem Desimal	12
C. Konversi Sistem Desimal ke Sistem Biner, Oktal, dan Heksadesimal	13
D. Konversi Sistem Biner ke Sistem Oktal dan Heksadesimal	15
E. Konversi Sistem Oktal dan Heksadesimal ke Sistem Biner	16
F. Sistem Kode	17
G. Soal Latihan	22
 Kompetensi Dasar III, Tujuan Pembelajaran III dan Garis Besar Materi III	 24
BAB III GERBANG LOGIKA DASAR DAN ALJABAR BOOLE	25
A. Tabel Kebenaran	25
B. Gerbang Logika Dasar	25
C. Mendeskripsikan Rangkaian Logika	28
D. Mengevaluasi Output Persamaan Logika	29
E. Mengimplementasikan Rangkaian Logika	30
F. Gerbang NOR dan Gerbang NAND	32
G. Teorema-teorema Aljabar Boole	34
H. Universalitas Gerbang NOR dan NAND	36
I. Soal Latihan	39

BUKU AJAR TEKNIK DIGITAL

Kompetensi Dasar IV, Tujuan Pembelajaran IV dan Garis Besar Materi IV	41
BAB IV RANGKAIAN LOGIKA KOMBINASI	42
A. Bentuk-bentuk Persamaan Logika	42
B. Mengubah Fungsi Bentuk Tak Standar Menjadi Bentuk Standar	45
C. Memperoleh Persamaan Bentuk Standar Dari Tabel Kebenaran	45
D. Penyederhanaan Secara Aljabar	46
E. Metode Peta Karnaugh	50
F. Bentuk NAND dan NOR Rangkaian Logika	57
G. Rangkaian <i>Enable</i> dan <i>Inhibit</i>	59
H. Soal Latihan	60
 Kompetensi Dasar V, Tujuan Pembelajaran V dan Garis Besar Materi V	 64
BAB V LOGIKA KOMBINASI DALAM KEMASAN IC	65
A. Komparator	65
B. Penjumlah Biner (Adder)	70
C. Multiplekser	76
D. Demultiplekser	80
E. Enkoder	84
F. Dekoder	89
G. Soal Latihan	97
 Kompetensi Dasar VI, Tujuan Pembelajaran VI dan Garis Besar Materi VI	 102
BAB VI RANGKAIAN LOGIKA SEKUENSI.....	103
A. Pengertian Logika Sekuensi	103
B. Flip-flop	104
C. Analisis Rangkaian Sekuensi	118
D. Perancangan Rangkaian Sekuensi	125
E. Soal Latihan	130
 Kompetensi Dasar VII, Tujuan Pembelajaran VII dan Garis Besar Materi VII ..	 135
BAB VII PENCACAH DAN REGISTER	136
A. Pencacah	136
B. Register	148
C. Soal Latihan	156
 DAFTAR PUSTAKA	 159

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan rangkaian dan sistem digital	3
Tabel 2. Representasi besaran digital pada bidang elektronika	6
Tabel 3. Nilai desimal untuk beberapa kode ASCII 7-bit	21
Tabel 4. Nilai berbagai sistem bilangan dan kode untuk 0 s.d. 15 desimal.	21
Tabel 5. Kode peraga 7-segmen untuk soal nomor 11 pada Bab II	23
Tabel 6. Tabel kebenaran rangkaian logika berbagai jumlah input	25
Tabel 7. Tabel kebenaran gerbang OR 2-input	25
Tabel 8. Tabel kebenaran gerbang AND 2-input	27
Tabel 9. Tabel kebenaran gerbang NOT	28
Tabel 10. Tabel kebenaran persamaan $Y = \overline{(A + B)}\overline{C} + D$	30
Tabel 11. Tabel kebenaran gerbang NOR 2-input	33
Tabel 12. Tabel kebenaran gerbang NAND 2-input	34
Tabel 13. Teorema-teorema aljabar Boole untuk variabel tunggal	35
Tabel 14. Teorema-teorema aljabar Boole untuk variabel jamak	36
Tabel 15. Tabel kebenaran fungsi $Y = \overline{A}\overline{B}C + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + A\overline{B}C$	43
Tabel 16. Tabel kebenaran $Y = (\overline{A} + \overline{B} + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(A + B + \overline{C})(A + B + C)$...	44
Tabel 17. Tabel kebenaran yang akan ditentukan persamaan logikanya	45
Tabel 18. Tabel kebenaran $Y = A\overline{B}D + A\overline{B}\overline{D}$ dan $Y = A\overline{B}$	47
Tabel 19. Tabel kebenaran contoh penyederhanaan fungsi dengan peta K...	55
Tabel 20. Contoh tabel kebenaran yang mengandung keadaan diabaikan ...	56
Tabel 21. Contoh lain tabel kebenaran dengan kondisi diabaikan	56
Tabel 22. Tabel untuk soal nomor 9 Bab IV	62
Tabel 23. Tabel untuk soal nomor 9 Bab IV	62
Tabel 24. Tabel kebenaran <i>non-equality comparator</i>	65
Tabel 25. Tabel kebenaran detektor jumlah ganjil 3 input	67
Tabel 26. Tabel kebenaran <i>equality comparator</i>	68
Tabel 27. Tabel kebenaran <i>half adder</i>	71
Tabel 28. Tabel kebenaran <i>full adder</i> a-bit	73
Tabel 29. Tabel kebenaran MUX 4 ke 1	77
Tabel 30. IC yang menyediakan fungsi multiplexer	79
Tabel 31. Tabel kebenaran DEMUX 1 ke 4	81
Tabel 32. Tabel kebenaran DEMUX 1 ke 4 jenis ACTIVE-LOW	83
Tabel 33. Tabel kebenaran <i>encoder</i> 8 ke 3	85
Tabel 34. Tabel kebenaran <i>encoder</i> prioritas 8 ke 3	87
Tabel 35. Tabel kebenaran <i>decoder</i> 2 ke 4	90
Tabel 36. Tabel kebenaran <i>decoder</i> 2 ke 4 jenis ACTIVE-LOW	92
Tabel 37. Tabel kebenaran <i>decoder</i> 3 ke 8 IC 74138	93
Tabel 38. Tabel kebenaran <i>decoder</i> BCD ke desimal	94
Tabel 39. Tabel kebenaran <i>decoder</i> BCD ke peraga 7-segmen	96
Tabel 40. Tabel untuk soal nomor 12 Bab V	101
Tabel 41. Tabel kebenaran <i>flip-flop</i> SR dengan gerbang NOR	105
Tabel 42. Tabel kebenaran sederhana <i>flip-flop</i> SR dengan gerbang NOR ...	105
Tabel 43. Tabel kebenaran sederhana <i>flip-flop</i> SR dengan gerbang NAND	105

Tabel 44.	Tabel kebenaran <i>flip-flop</i> SR untuk penyusunan peta Karnaugh..	106
Tabel 45.	Tabel kebenaran <i>flip-flop</i> JK	110
Tabel 46.	Tabel kebenaran <i>flip-flop</i> D	113
Tabel 47.	Tabel kebenaran sederhana <i>flip-flop</i> D	114
Tabel 48.	Tabel kebenaran <i>flip-flop</i> T	116
Tabel 49.	Tabel kebenaran sederhana <i>flip-flop</i> T	116
Tabel 50.	Tabel keadaan rangkaian gambar 138	119
Tabel 51.	Tabel keadaan penyesuaian dari tabel 50	121
Tabel 52.	Tabel keadaan rangkaian pada gambar 141	123
Tabel 53.	Tabel keadaan penyesuaian dari tabel 52	124
Tabel 54.	Tabel keadaan rangkaian yang sedang dirancang	126
Tabel 55.	Tabel eksitasi <i>flip-flop</i> D untuk tabel 54	127
Tabel 56.	Tabel eksitasi <i>flip-flop</i> JK untuk tabel 54	128
Tabel 57.	Tabel untuk soal nomor 8 Bab VI	133
Tabel 58.	Tabel kebenaran pencacah tak serempak modulo-8	139
Tabel 59.	Tabel kebenaran pencacah tak serempak modulo-5	140
Tabel 60.	Tabel kebenaran pencacah serempak modulo-16	145
Tabel 61.	Tabel eksitasi <i>flip-flop</i> T untuk tabel 60	145
Tabel 62.	Tabel keadaan rangkaian pencacah serempak modulo-5	147
Tabel 63.	Tabel eksitasi <i>flip-flop</i> T untuk tabel 62	147
Tabel 64.	Tabel keadaan pencacah ring modulo-4	149
Tabel 65.	Tabel keadaan pencacah Johnson	151
Tabel 66.	Keluarga IC TTL	162
Tabel 67.	Keluarga IC CMOS	162

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Penjelasan pengertian rangkaian digital/logika	2
Gambar 2. Komputer sebagai sistem elektronika digital	3
Gambar 3. Representasi besaran digital dengan tegangan listrik	4
Gambar 4. Representasi besaran digital dengan diode	4
Gambar 5. Representasi besaran digital dengan transistor	5
Gambar 6. Representasi besaran digital dengan saklar	5
Gambar 7. Representasi level logika menggunakan LED	6
Gambar 8. Diagram blok untuk soal nomor 3 Bab I	7
Gambar 9. Representasi besaran digital dengan diode dan transistor untuk soal nomor 5 bab I	7
Gambar 10. Representasi besaran digital dengan LED untuk soal nomor 6 Bab I	7
Gambar 11. Metode nilai digit	14
Gambar 12. Konversi bilangan desimal ke sistem biner menggunakan metode bagi dua	15
Gambar 13. Konversi bilangan desimal bulat ke sistem oktal dan heksadesimal	15
Gambar 14. Konversi sistem desimal ke sistem <i>gray</i>	19
Gambar 15. Peraga 7-segmen	20
Gambar 16. Bit paritas genap untuk karakter C dan A	20
Gambar 17. Bit paritas ganjil untuk karakter C dan A	20
Gambar 18. Gerbang OR: (a) Simbol, (b) bentuk nyata IC 7432, (c) susunan pin	26
Gambar 19. Watak gerbang OR dengan input gelombang kotak	26
Gambar 20. Gerbang AND: (a) simbol, (b) susunan pin IC 7408	27
Gambar 21. Watak gerbang AND terhadap input berbentuk gelombang kotak	27
Gambar 22. Simbol gerbang NOT	28
Gambar 23. Susunan pin IC NOT seri 7404	28
Gambar 24. Watak gerbang NOT terhadap input berbentuk gelombang kotak	28
Gambar 25. Contoh rangkaian logika yang akan dideskripsikan dengan persamaan	29
Gambar 26. Cara mendeskripsikan rangkaian dengan persamaan logika	29
Gambar 27. Evaluasi output rangkaian logika dengan deskripsi simbol	29
Gambar 28. Evaluasi output rangkaian logika dengan deskripsi persamaan	30
Gambar 29. Rangkaian logika untuk persamaan $Y = \overline{A} \overline{B} C + \overline{A} B \overline{C} + A \overline{B} \overline{C}$	31
Gambar 30. Simbol interseksi rangkaian logika	31
Gambar 31. Pengganti simbol gerbang NOT pada rangkaian logika	31
Gambar 32. Rangkaian logika yang mengandung interseksi dan gerbang NOT	32
Gambar 33. Rangkaian logika yang mengandung interseksi dan gerbang NOT	32
Gambar 34. Simbol gerbang NOR dan rangkaian ekuivalennya	33
Gambar 35. IC NOR 7402	33
Gambar 36. Watak gerbang NOR dengan input gelombang kotak	33

Gambar 37.	Simbol gerbang NOR dan rangkaian ekivalennya	34
Gambar 38.	IC NAND 7400	34
Gambar 39.	Watak gerbang NAND dengan input gelombang kotak	34
Gambar 40.	Penurunan teorema variabel tunggal	35
Gambar 41.	Gerbang NOT dengan NOR	36
Gambar 42.	Gerbang NOT dengan NAND	36
Gambar 43.	Gerbang OR dengan menggunakan NOR	37
Gambar 44.	Gerbang OR dengan NAND	37
Gambar 45.	Gerbang AND dengan NOR	37
Gambar 46.	Gerbang AND dengan NAND	37
Gambar 47.	Implementasi $Y=AB+CD$ dengan gerbang AND dan OR	38
Gambar 48.	Implementasi $Y=AB+CD$ dengan gerbang NAND	38
Gambar 49.	Bentuk gelombang input untuk soal nomor 2 Bab 3	39
Gambar 50.	Rangkaian untuk soal nomor 3 Bab 3	39
Gambar 51.	Rangkaian untuk soal nomor 9 Bab 3	40
Gambar 52.	Rangkaian untuk (a) $Y(A, B) = \sum m(1,2)$ dan (b) $Y(A, B) = \prod M(0,3)$	46
Gambar 53.	Rangkaian $Y = A \bar{B} D + A \bar{B} \bar{D}$	46
Gambar 54.	Rangkaian $X = (\bar{A} + B)(A + B)$	47
Gambar 55.	Rangkaian $Z = ACD + \bar{A}BCD$	48
Gambar 56.	Rangkaian $Y = \overline{(\bar{A} + C)(B + D)}$	48
Gambar 57.	Rangkaian $Z = ABC + \bar{A}\bar{B}(\bar{A} \bar{C})$	49
Gambar 58.	Rangkaian $Y = ABC + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C$	50
Gambar 59.	Bentuk petak pada Peta Karnaugh untuk 3 variabel input	51
Gambar 60.	Peta Karnaugh untuk persamaan $Y(A, B, C) = \sum m(2,3,5,6,7)$..	52
Gambar 61.	Contoh gabungan dua minterm dan minterm terisolasi	52
Gambar 62.	Contoh peta Karnaugh yang mengandung <i>Quad</i>	53
Gambar 63.	Contoh peta Karnaugh yang mengandung <i>Octet</i>	53
Gambar 64.	Tanda lup untuk gabungan dua <i>minterm</i>	53
Gambar 65.	Tanda lup untuk gabungan empat <i>minterm</i>	54
Gambar 66.	Mereduksi suku persamaan pada gabungan <i>minterm</i>	54
Gambar 67.	Peta Karnaugh untuk persamaan (21)	55
Gambar 68.	Peta Karnaugh untuk tabel 21	57
Gambar 69.	Implementasi Persamaan Logika Dalam Bentuk SOP minimum, POS minimum, NAND, dan NOR	59
Gambar 70.	Rangkaian <i>enable</i> dan <i>inhibit</i>	59
Gambar 71.	Rangkaian $Y=A+BC$ untuk $P=1$ dan $Y=BC$ untuk $P=0$	60
Gambar 72.	Rangkaian untuk soal nomor 4 Bab IV	61
Gambar 73.	Rangkaian untuk soal nomor 11 Bab IV	62
Gambar 74.	Peta Karnaugh untuk soal nomor 16 Bab IV	63
Gambar 75.	Peta Karnaugh <i>non-equality comparator</i>	65
Gambar 76.	Berbagai bentuk implementasi <i>non-equality comparator</i>	66
Gambar 76b.	Peta Karnaugh detektor jumlah ganjil 3 input	67
Gambar 77.	Implementasi detektor jumlah ganjil 3-input	67
Gambar 78.	Peta Karnaugh <i>equality comparator</i>	68

Gambar 79.	Gerbang XNOR: (a) operasi NOT pada XOR, (b) simbol	69
Gambar 80.	Berbagai bentuk implementasi <i>equality comparator</i>	70
Gambar 81.	Spesifikasi pin IC untuk (a) XOR (7486), dan (b) XNOR (74266)	70
Gambar 82.	Ilustrasi penjumlahan: (a) bilangan desimal, (b) bilangan biner	71
Gambar 83.	Implementasi dan simbol <i>half adder</i>	72
Gambar 84.	Peta Karnaugh untuk C_n	73
Gambar 85.	Full adder: (a) implementasi dengan XOR, (b) simbol	73
Gambar 86.	Implementasi <i>full adder</i> dengan <i>half adder</i>	74
Gambar 87.	Full adder paralel 4-bit: (a) rangkaian, dan (b) simbol	75
Gambar 88.	Spesifikasi pin IC <i>full adder</i> paralel 4-bit (a) seri 7483, dan (b) seri 74283	75
Gambar 89.	Simbol <i>multiplexer</i> : (a) MUX 2 ke 1, (b) MUX 4 ke 1, dan (c) MUX 8 ke 1	76
Gambar 90.	Rangkaian analogi: (a) MUX 2 ke 1, (b) MUX 4 ke 1	76
Gambar 91.	Rangkaian MUX 4 ke 1	78
Gambar 92.	Rangkaian MUX 8 ke 1	78
Gambar 93.	Spesifikasi pin IC <i>multiplexer</i> seri (a) 74151 dan 74251, (b) 74153 dan 74253	79
Gambar 94.	Simbol <i>demultiplexer</i> : (a) DEMUX 1 ke 2, (b) DEMUX 1 ke 4, dan (c) DEMUX 1 ke 8	80
Gambar 95.	Rangkaian analogi demultiplexer: (a) DEMUX 1 ke 2, dan (b) DEMUX 1 ke 4	81
Gambar 96.	Rangkaian DEMUX 1 ke 4	82
Gambar 97.	Simbol DEMUX 1 ke 4: input dan output jenis <i>active-low</i>	83
Gambar 98.	Rangkaian DEMUX 1 ke 4: input dan output jenis <i>active-low</i>	84
Gambar 99.	Spesifikasi pin IC <i>demultiplexer</i> : (a) seri 74139, dan (b) seri 74138	84
Gambar 100.	<i>Encoder</i> oktal ke biner: (a) simbol untuk input dan output jenis <i>active-low</i> , (b) jenis <i>active-high</i> , dan (c) rangkaian eksperimen	85
Gambar 101.	Rangkaian <i>encoder</i> 8 ke 3	86
Gambar 102.	Rangkaian <i>encoder</i> prioritas oktal ke biner input dan output jenis <i>active-high</i>	88
Gambar 103.	Spesifikasi pin IC <i>encoder</i> prioritas: (a) oktal ke biner, (b) desimal ke BCD	89
Gambar 104.	Simbol <i>decoder</i> 2 ke 4, input dan output jenis <i>active-high</i>	90
Gambar 105.	Rangkaian <i>decoder</i> 2 ke 4	91
Gambar 106.	Simbol DEMUX 1 ke 4 dan <i>decoder</i> 2 ke 4	92
Gambar 107.	Simbol <i>decoder</i> 2 ke 4: <i>enable</i> dan output jenis <i>active-low</i>	92
Gambar 108.	<i>Decoder</i> biner ke oktal: (a) rangkaian internal IC 74138, (b) spesifikasi pin, dan (c) simbol dengan input <i>enable</i>	93
Gambar 109.	<i>Decoder</i> BCD ke desimal: (a) rangkaian internal IC 7442, 7445, 74145, dan 74445, (b) spesifikasi pin, (c) simbol tanpa input <i>enable</i>	94
Gambar 110.	<i>Decoder</i> 4 ke 16: (a) spesifikasi pin IC 74154 atau 74159, (b) simbol dengan input <i>enable</i>	95

Gambar 111.	Peraga 7-segmen: (a) jenis <i>common cathode</i> , (b) jenis <i>common anode</i> , (c), dan (d) hubungannya dengan <i>decoder</i>	96
Gambar 112.	<i>Decoder</i> BCD ke peraga 7-segmen: (a) spesifikasi pin 7448 dan 74248, (b) simbol untuk output <i>active-high</i> , (c) spesifikasi pin 7446, 74246, 7447, 74247, 74347, dan 74447, (d) simbol untuk output <i>active-low</i>	97
Gambar 113.	Rangkaian untuk soal nomor 2 Bagian V	99
Gambar 114.	Peta Karnaugh untuk soal nomor 3 Bagian V	99
Gambar 115.	Rangkaian untuk soal nomor 6 Bagian V	100
Gambar 116.	Keadaan input MUX 8 ke 1 untuk soal nomor 7 Bab V	100
Gambar 117.	Diagram blok untuk soal nomor 11 Bab V	101
Gambar 118.	Rangkaian untuk soal nomor 14 Bab V	101
Gambar 119.	Diagram blok rangkaian sekuensi	103
Gambar 120.	Rangkaian flip-flop Set-Reset: (a) menggunakan gerbang NOR, dan (b) dengan gerbang NAND	104
Gambar 121.	Peta Karnaugh output flip-flop S-R untuk: (a) Q_n , dan (b) $\overline{Q_n}$	106
Gambar 122.	Rangkaian flip-flop S-R yang dilengkapi dengan clock	107
Gambar 123.	Pulsa <i>clock</i>	108
Gambar 124.	Simbol flip-flop S-R: (a) sederhana, (b) dan (c) canggih	109
Gambar 125.	Diagram waktu flip-flop S-R: (a) <i>preset</i> dan <i>clear</i> diaktifkan, dan (b) tanpa <i>preset</i> dan <i>clear</i>	109
Gambar 126.	Flip-flop J-K: (a) rangkaian, (b) simbol untuk jenis <i>positive-edge triggered</i> , dan (c) simbol untuk jenis <i>negative-edge triggered</i>	110
Gambar 127.	Peta Karnaugh output flip-flop J-K untuk: (a) Q_n , dan (b) $\overline{Q_n}$..	111
Gambar 128.	Contoh diagram waktu flip-flop J-K: (a) <i>preset</i> dan <i>clear</i> diaktifkan, dan (b) tanpa <i>preset</i> dan <i>clear</i>	111
Gambar 129.	Spesifikasi pin IC flip-flop J-K	112
Gambar 130.	Flip-flop D: (a) rangkaian, dan (b) simbol	113
Gambar 131.	Peta Karnaugh flip-flop D untuk (a) Q_n , dan (b) $\overline{Q_n}$	114
Gambar 132.	Contoh diagram waktu flip-flop D: (a) <i>preset</i> dan <i>clear</i> diaktifkan, (b) tanpa <i>preset</i> dan <i>clear</i>	114
Gambar 133.	Spesifikasi pin IC flip-flop D: (a) 7474, (b) 7475, (c) 74174, 74175, (d) 74273, 74363, 74364, 74373, 74374, dan 74377 ...	115
Gambar 134.	Flip-flop T: (a) rangkaian, dan (b) simbol	116
Gambar 135.	Peta Karnaugh flip-flop T untuk (a) Q_n , dan (b) $\overline{Q_n}$	116
Gambar 136.	Contoh diagram waktu flip-flop T: (a) <i>preset</i> dan <i>clear</i> diaktifkan, (b) tanpa <i>preset</i> dan <i>clear</i>	117
Gambar 137.	Rangkaian <i>toggle</i> dengan: (a) flip-flop T, (b) flip-flop JK, dan (c) flip-flop D	118
Gambar 138.	Contoh rangkaian sekuensi untuk kegiatan analisis	118
Gambar 139.	Diagram transisi keadaan untuk tabel 50	120
Gambar 140.	Peta Karnaugh tabel 51 untuk (a) A_n , (b) B_n , dan (c) Y	121
Gambar 141.	Rangkaian untuk contoh analisis kedua	122
Gambar 142.	Diagram transisi keadaan untuk tabel 52	123
Gambar 143.	Peta Karnaugh tabel 53 untuk (a) S_n dan X, dan (b) T_n dan Y...	124
Gambar 144.	Diagram transisi keadaan rangkaian yang sedang dirancang ...	125

Gambar 145.	Peta Karnaugh tabel 69 untuk (a) D_1 dan (b) D_0	127
Gambar 146.	Rangkaian sekuensi hasil rancangan dengan flip-flop D	128
Gambar 147.	Peta Karnaugh untuk (a) J_1 , (b) K_1 , (c) J_0 , dan (d) K_0	129
Gambar 148.	Rangkaian sekuensi hasil rancangan dengan flip-flop J-K	129
Gambar 148b.	Pilihan untuk soal nomor 4 Bab VI	131
Gambar 148c.	Rangkaian untuk untuk soal nomor 5 Bab VI	131
Gambar 149.	Diagram waktu untuk soal nomor 3, 4, dan 5 B b VI	132
Gambar 150.	Diagram waktu untuk soal nomor 6, dan 7 Bagian VI	132
Gambar 151.	Rangkaian untuk soal nomor 8 Bab VI	133
Gambar 152.	Rangkaian sekuensi untuk soal nomor 9 Bab VI	133
Gambar 153.	Diagram transisi keadaan untuk soal nomor 10 Bab VI	134
Gambar 154.	Diagram blok pencacah	136
Gambar 155.	Pencacah modulo-8 dengan flip-flop (a) J-K, (b) T, dan (c) D	137
Gambar 156.	Diagram waktu pencacah tak serempak modulo-8	138
Gambar 157.	Rangkaian pencacah modulo-5 dengan flip-flop J-K: (a) <i>clear</i> jenis <i>active-high</i> , dan (b) <i>clear</i> jenis <i>active-low</i>	141
Gambar 158.	IC pencacah tak sinkron: (a) rangkaian internal IC 7493, (b) spesifikasi pin IC 7493, dan (c) spesifikasi pin IC 7490	142
Gambar 159.	IC 7493 sebagai pencacah tak serempak: (a) modulo-9, (b) modulo-10, (c) modulo-12, dan (d) modulo-16	142
Gambar 160.	IC 7493 sebagai pencacah tak serempak: (a) modulo-11, dan (b) modulo-14	143
Gambar 161.	IC 7493 sebagai pencacah tak serempak: (a) modulo-5, (b) dan (c) modulo-6	143
Gambar 162.	Pencacah turun tak serempak modulo-8	144
Gambar 163.	Diagram transisi keadaan pencacah modulo-16	144
Gambar 164.	Peta Karnaugh tabel 75 untuk: (a) T_3 , (b) T_2 , (c) T_1 , dan (d) T_0	146
Gambar 165.	Rangkaian pencacah serempak modulo-16 dengan flip-flop T	146
Gambar 166.	Diagram transisi keadaan pencacah modulo-5	147
Gambar 167.	Peta Karnaugh tabel 62 untuk (a) T_2 , (b) T_1 , dan (c) T_0	148
Gambar 168.	Rangkaian pencacah serempak modulo-5	148
Gambar 169.	Pencacah ring: (a) rangkaian, dan (b) diagram waktu	149
Gambar 170.	Pencacah Johnson: (a) rangkaian, dan (b) diagram waktu	150
Gambar 171.	Register paralel 4-bit: (a) rangkaian, (b) cara penyimpanan data 1011	151
Gambar 172.	Rangkaian register geser 4-bit	152
Gambar 173.	Ilustrasi penyimpanan data 1011 pada register geser	153
Gambar 174.	Register paralel 6-bit dari IC 74174: (a) rangkaian internal, dan (b) simbol	154
Gambar 175.	IC 74178: (a) rangkaian internal, dan (b) simbol	155
Gambar 176.	Ilustrasi transfer data paralel	156
Gambar 177.	Ilustrasi transfer data seri	157
Gambar 178.	Rangkaian untuk soal nomor 10 dan 11 Bab VII	159

Gambar 179.	Level tegangan IC Keluarga TTL dan CMOS	163
Gambar 180.	<i>Noise margin</i> IC TTL dan CMOS	164
Gambar 181.	Watak input mengambang pada gerbang TTL	165
Gambar 182.	<i>Interfacing</i> TTL dan CMOS untuk catu daya sama	166
Gambar 183.	<i>Interfacing</i> FACT CMOS dan TTL	167
Gambar 184.	<i>Interfacing</i> TTL dan CMOS untuk catu daya berbeda	168
Gambar 185.	Rangkaian internal IC TTL jenis output <i>totem pole</i>	169
Gambar 186.	Rangkaian internal IC TTL jenis output <i>open collector</i>	170
Gambar 187.	Operasi AND-ing pada output <i>open collector</i>	170
Gambar 188.	Arus output pada IC TTL <i>open collector</i>	171
Gambar 189.	<i>Interfacing</i> TTL ke CMOS pada gerbang <i>open collector</i>	171
Gambar 190.	Ilustrasi <i>fanout</i> dari suatu gerbang logika	172
Gambar 191.	Ilustrasi tunda perambatan (<i>propagation delay</i>)	173
Gambar 192.	Contoh pemasangan kapasitor <i>by pass</i>	174

KOMPETENSI DASAR I

Mahasiswa dapat menjelaskan aspek-aspek penting dalam Teknik Digital

TUJUAN PEMBELAJARAN I

Agar mahasiswa dapat:

1. mendefinisikan rangkaian dan sistem digital
2. menyebutkan contoh-contoh rangkaian dan sistem digital dalam bidang elektronika
3. membedakan ciri-ciri rangkai dan sistem digital
4. menjelaskan representasi besaran digital dengan tegangan listrik, diode, transistor, saklar, dan indikator LED (*light emitting diode*)

GARIS BESAR MATERI I

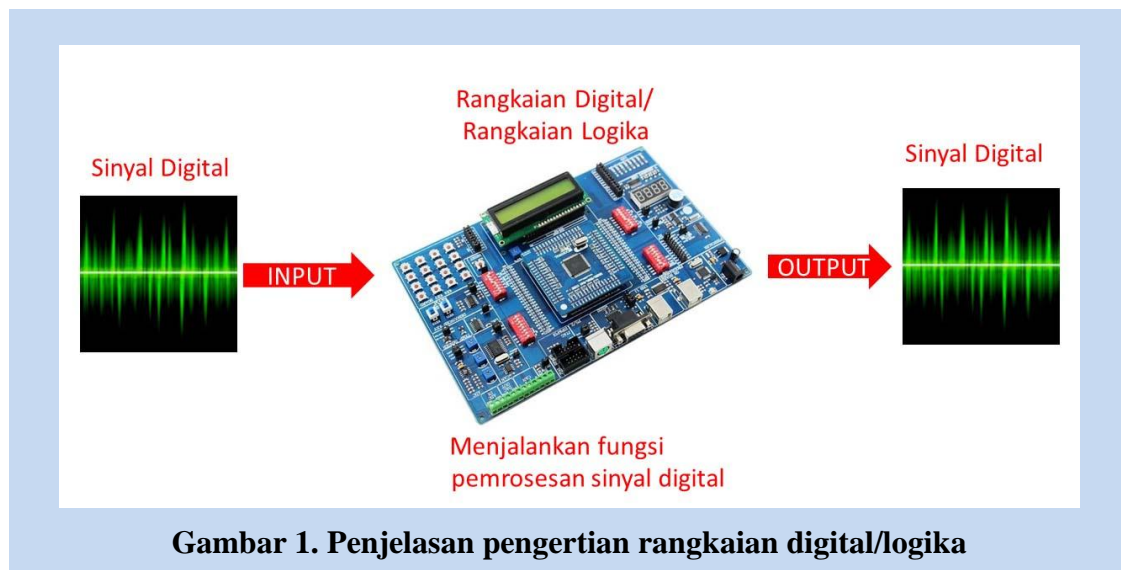
Pada bagian awal ini anda akan mempelajari pengertian rangkaian dan sistem digital. Pengetahuan tentang kedua istilah tersebut sangat penting karena tujuan deskripsi seluruh materi yang ada pada buku ini adalah agar anda memperoleh pengetahuan tentang dasar-dasar perancangan dan analisis rangkaian digital atau rangkaian logika. Kegiatan perancangan rangkaian digital/logika pada dasarnya merupakan kegiatan mengimplementasikan atau merealisasikan rangkaian digital/logika atas dasar adanya karakteristik atau watak yang diinginkan. Sedangkan analisis rangkaian digital/logika merupakan kegiatan melakukan identifikasi watak dari suatu rangkaian digital/logika yang telah ada. Karena titik berat pembahasan buku ini adalah pada kegiatan perancangan dan analisis rangkaian digital/logika, maka pengertian rangkaian digital/logika itu sendiri perlu dipahami sejak awal. Perancangan dan analisis rangkaian digital/logika tidak akan memberikan manfaat yang signifikan dalam kehidupan sehari-hari jika tidak dikaitkan dengan aplikasi rangkaian digital/logika. Pembahasan aplikasi rangkaian digital/logika akan terkait erat dengan sistem digital yang dalam kehidupan sehari-hari berwujud berbagai peralatan sistem elektronika seperti *personal computer* (PC). Oleh karena itu anda akan diperkenalkan pula dengan pengertian sistem digital dalam tinjauan sistem elektronika.

Melalui bagian awal ini anda juga akan diperkenalkan dengan berbagai representasi besaran digital dalam bidang elektronika. Dalam rangkaian atau sistem digital, data-data yang diproses berbentuk diskrit, artinya data itu hanya memiliki dua keadaan saja. Jika data digital itu berbentuk tegangan listrik, maka rangkaian atau sistem digital hanya akan menganggap bahwa tegangan yang akan diproses itu termasuk level logika rendah atau level logika tinggi. Materi-materi pada bagian ini akan memperkenalkan pada anda berbagai representasi data digital, baik representasi yang umum digunakan pada bagian input maupun output suatu rangkaian logika. Pemahaman terhadap representasi besaran ini menjadi penting karena dalam perancangan dan analisis rangkaian digital/logika, besaran digital dinyatakan dalam simbol 0 dan 1, sedangkan dalam kenyataannya besaran digital tersebut direpresentasikan dalam berbagai bentuk seperti keadaan saklar yang tertutup atau terbuka, dan lampu yang menyala atau padam. Dengan memahami berbagai representasi besaran digital dalam bidang elektronika tersebut, pada satu sisi anda diharapkan memiliki kemampuan mengidentifikasi besaran digital dalam kehidupan sehari-hari dan dapat menyatakannya dalam simbol biner 0 dan 1, dan pada sisi lain anda memiliki kemampuan mengimplementasikan besaran digital yang dinyatakan dalam simbol 0 dan 1 ke dalam bentuk representasi yang sesuai. Dengan kemampuan itu, pada akhirnya anda akan memperoleh kemudahan di dalam melakukan proses perancangan maupun analisis rangkaian digital/logika.

BAB I RANGKAIAN DAN SISTEM DIGITAL

A. Rangkaian Digital

Rangkaian digital atau sering pula disebut dengan rangkaian logika adalah kesatuan dari elemen-elemen logika yang membentuk suatu fungsi **pemrosesan sinyal digital**.



Gambar 1. Penjelasan pengertian rangkaian digital/logika

Pada gambar 1 terlihat bahwa baik input maupun output rangkaian digital merupakan sinyal digital dan outputnya memberikan fungsi pemrosesan sinyal digital.

B. Sistem Digital

Sistem digital adalah kesatuan dari beberapa rangkaian digital/logika, dan elemen/gerbang logika untuk suatu tujuan pengalihan tenaga/energi. Contoh sistem digital dalam bidang komputasi adalah komputer digital. Komputer digital merupakan kesatuan dari beberapa rangkaian digital/logika, dan elemen/gerbang logika untuk tujuan pengalihan tenaga dalam bidang komputasi. *Keyboard* merupakan periferal input (bagian luar sistem komputer) yang berfungsi menerima data dari pengguna. Untuk memasukkan data, *keyboard* harus ditekan sehingga memperoleh energi mekanik dan oleh sistem komputer data itu diproses, selanjutnya melalui bagian outputnya, data dikirim ke monitor yang merupakan periferal output dalam bentuk energi cahaya atau ke *printer* dalam bentuk energi mekanik. Demikian pula *disk drive*, *harddisk drive*, *CD-ROM drive* melayani pemasukan data ke sistem komputer dengan

memutar *disk* dalam bentuk energi mekanik dan oleh sistem komputer diproses serta dikeluarkan ke periferil output dalam bentuk energi cahaya pada monitor atau energi mekanik pada *printer*.



Gambar 2. Komputer sebagai suatu sistem elektronika digital dalam bidang komputasi

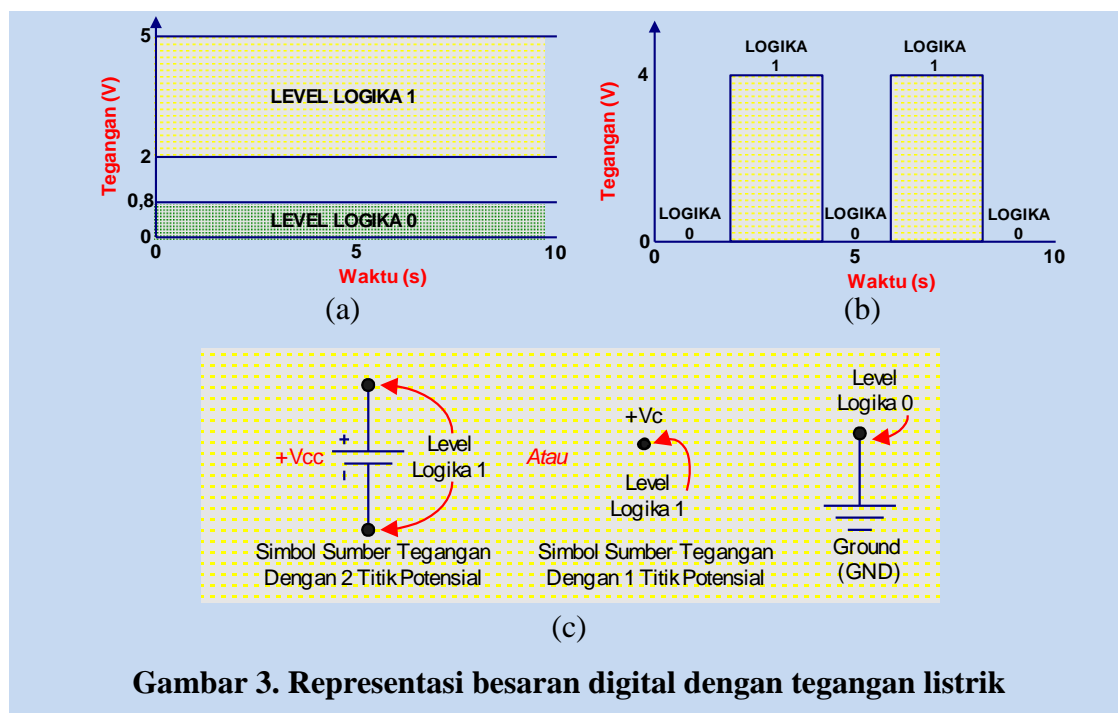
Selain komputer, contoh sistem digital yang lain adalah *handphone* yang merupakan sistem digital dalam bidang komunikasi dan *storage oscilloscope* yang merupakan sistem digital dalam bidang instrumentasi. Berikut ini adalah tabel yang dapat digunakan untuk membedakan antara rangkaian dan sistem digital.

Tabel 1. Perbedaan rangkaian dan sistem digital

Rangkaian Digital	Sistem Digital
1. Merupakan bagian dari sistem digital, bagian-bagiannya terdiri atas beberapa elemen/gerbang logika.	1. Bagian-bagiannya terdiri atas beberapa rangkaian digital, gerbang logika, dan komponen elektronika lainnya.
2. Outputnya membentuk fungsi pemrosesan sinyal digital.	2. Outputnya merupakan fungsi pengalihan tenaga.
3. Input dan outputnya berupa sinyal digital.	3. Input dan outputnya berupa suatu tenaga/energi.

C. Representasi Besaran Digital

Besaran digital merupakan besaran yang sifatnya diskrit, yakni besaran yang hanya memiliki dua keadaan saja. Dalam analisis dan perancangan sistem/rangkaian digital, kedua keadaan tersebut dinamakan keadaan biner yakni keadaan rendah atau level logika 0 dan keadaan tinggi atau level logika 1. Dalam tegangan listrik, besaran digital diwujudkan dalam berbagai bentuk seperti ditunjukkan pada gambar 3.

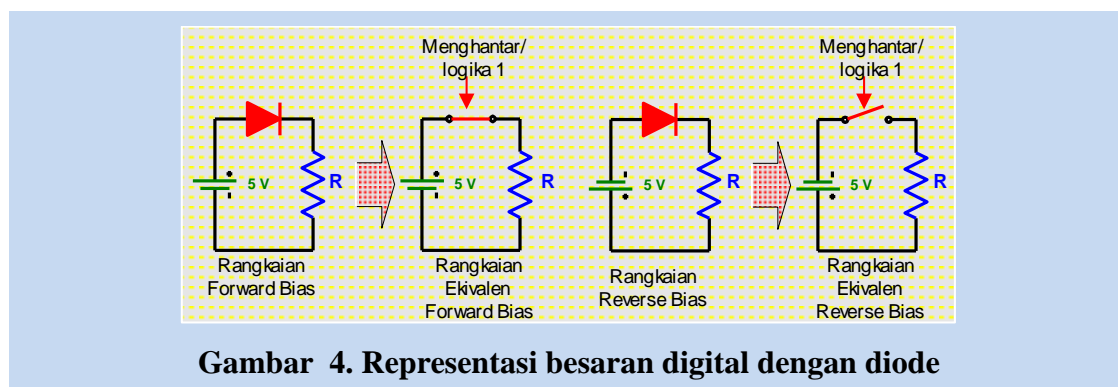


Gambar 3. Representasi besaran digital dengan tegangan listrik

Lihat juga:

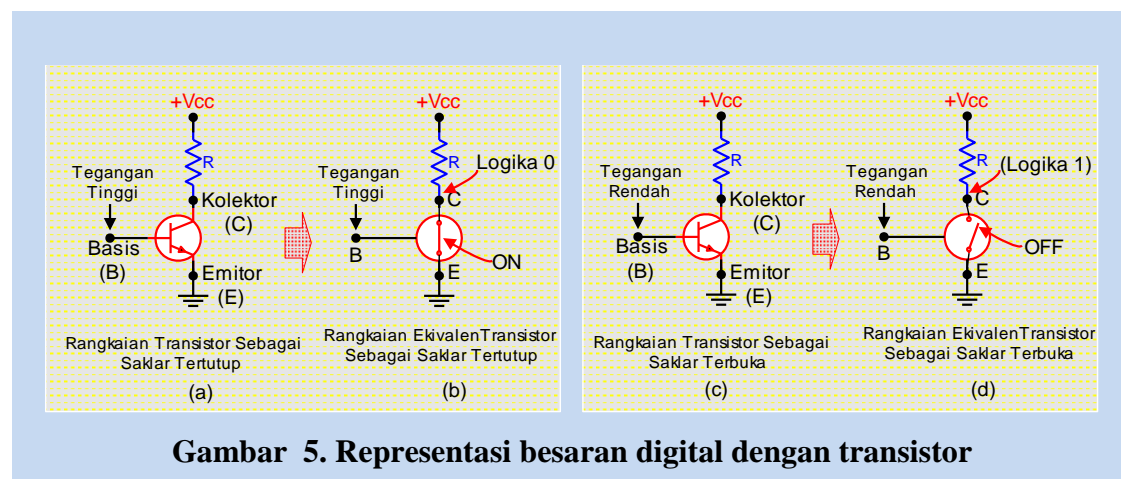
- Ragam tegangan rangkaian digital untuk TTL dan CMOS, definisi tegangan masukan untuk logika tinggi dan rendah (V_{IH} dan V_{IL}), serta tegangan keluaran (V_{OH} dan V_{OL}) pada **Lampiran 1**
- *Noise margin* pada IC digital pada **Lampiran 2**

Bentuk besaran digital yang lain dalam bidang elektronika adalah keadaan piranti diode dan transistor. Diode dalam keadaan menghantar (*conducting*) menunjukkan keadaan level logika 1 dan diode dalam keadaan tak menghantar (*nonconducting*) menunjukkan keadaan level logika 0. Diode merupakan piranti elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor yang memiliki dua buah elektrode yakni anode dan katode. Sifat diode adalah jika anode diberi tegangan yang lebih tinggi dari pada katodenya maka diode dalam keadaan menghantar. Keadaan tak menghantar akan terjadi jika tegangan pada kedua elektrodanya sama atau tegangan anode lebih rendah dari tegangan katodenya.



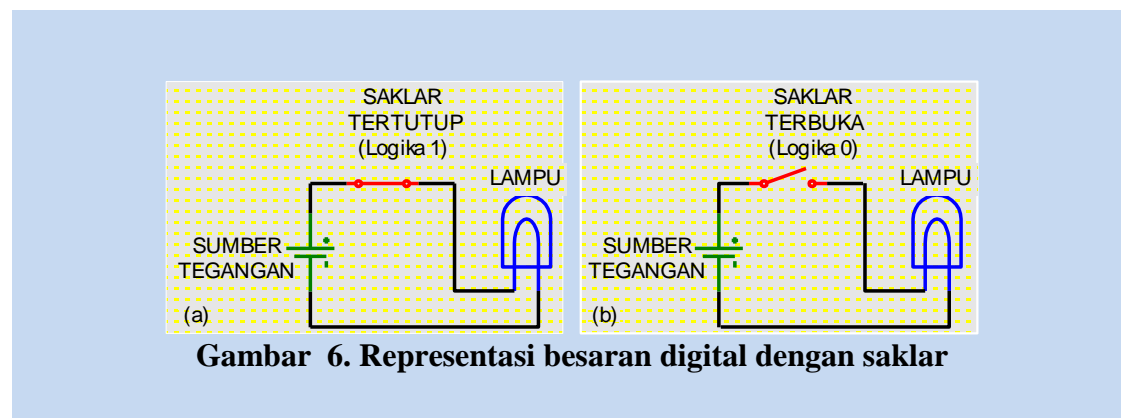
Gambar 4. Representasi besaran digital dengan diode

Jika besaran digital direpresentasikan dengan sifat transistor, maka ketika transistor dalam keadaan jenuh dapat dianggap merepresentasikan level logika 1 karena bersifat seperti saklar tertutup, dan apabila transistor berada pada keadaan mati dapat dianggap merepresentasikan level logika 0 karena bersifat seperti saklar terbuka. Transistor merupakan piranti elektronika dengan tiga elektrode yakni basis, kolektor dan emitor yang dapat berfungsi sebagai penguat (amplifier) maupun saklar. Dalam hal ini basis sebagai elektrode pengendali yang akan menentukan keadaan transistor. Untuk memberikan keadaan transistor seolah-olah seperti saklar tertutup antara elektrode emitor dan kolektor, maka pada basis harus diberi tegangan tinggi, dan sebaliknya jika diinginkan keadaan transistor seolah-olah seperti saklar terbuka antara emitor dan kolektor, maka tegangan basis harus rendah.



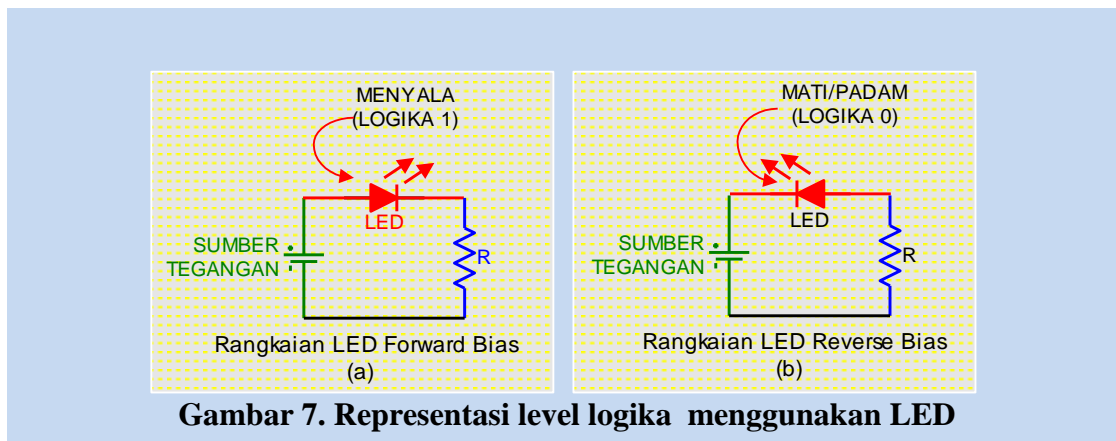
Gambar 5. Representasi besaran digital dengan transistor

Representasi lain adalah dengan saklar yang sebenarnya, dalam hal ini saklar tertutup merepresentasikan level logika 1 dan saklar terbuka merepresentasikan level logika 0. Biasanya representasi level logika dengan saklar ini digunakan pada bagian input dari suatu rangkaian logika, sedangkan level logika pada bagian outputnya direpresentasikan dengan menggunakan indikator LED (light emitting diode).



Gambar 6. Representasi besaran digital dengan saklar

LED merupakan suatu piranti elektronika yang memiliki dua buah elektrode yakni anode dan katode. Jika tegangan antara anode dan katode lebih besar dari tegangan ambang (*threshold*), maka LED akan menyala, dan sebaliknya akan mati. Keadaan LED yang menyala merepresentasikan level logika 1, sedangkan keadaan LED mati merepresentasikan level logika 0.



Jadi, representasi besaran digital dalam bidang elektronika khususnya pada rangkaian/sistem digital kebanyakan dinyatakan dalam bentuk sesuai tabel berikut ini.

Tabel 2. Representasi besaran digital pada bidang elektronika

Level Logika 0	Level Logika 1
Tegangan listrik 0 s.d. 0,8 V	Tegangan listrik 2 s.d. 5 V
Titik Potensial Referensi 0 (ground)	Titik Potensial Catu Daya +Vcc
Diode dengan <i>reverse bias</i>	Diode dengan <i>forward bias</i>
Transistor dalam keadaan mati (cut-off)	Transistor dalam keadaan jenuh (saturated)
Saklar dalam keadaan terbuka	Saklar dalam keadaan tertutup
Lampu atau LED dalam keadaan padam	Lampu atau LED dalam keadaan menyala

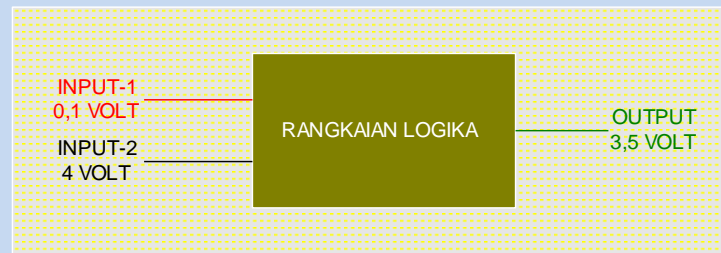
Lihat juga:

- Watak *floating input* IC TTL gerbang logika pada **Lampiran 3**
- Pengantarmukaan TTL/CMOS pada **Lampiran 4**
- Sifat keluaran gerbang TTL *open collector* dan *totem pole* serta teknik pemanfaatannya pada **Lampiran 5**
- *Fanin* dan *fanout* pada IC gerbang logika pada **Lampiran 6**
- *Propagation delay* pada gerbang logika pada **Lampiran 7**
- Peredaman *noise* dengan kapasitor bypass pada **Lampiran 8**

D. Soal Latihan

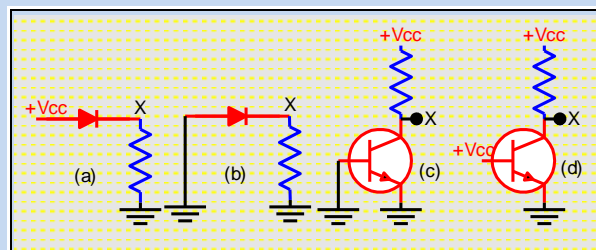
1. Apa perbedaan pokok rangkaian dan sistem digital dari sisi tugasnya! Jelaskan pula perbedaan keduanya dari sisi besaran yang diproses!
2. Apa yang dimaksud dengan elemen logika dan berikan contohnya!

3. Sebuah rangkaian logika memiliki input dan output seperti pada gambar berikut ini.



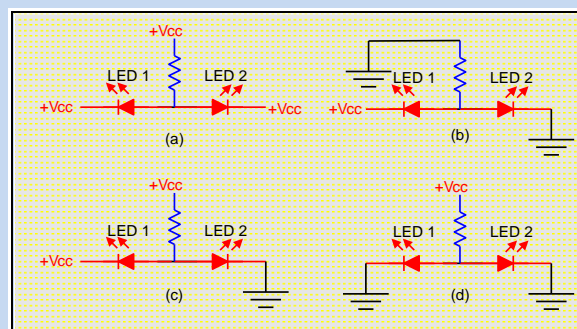
Gambar 8. Diagram blok untuk soal nomor 3 pada Bab I

- Jika pada input-1 diberi tegangan sebesar +0,1 volt, pada input-2 diberi tegangan +4 volt, serta memberikan tegangan pada outputnya sebesar 3,5 volt, tuliskan keadaan level logika pada input-1, input-2, dan output rangkaian logika tersebut!
4. Representasikan data digital 16-bit 1010110011110111 dalam bentuk gelombang kotak!
5. Tentukan keadaan level logika dari gambar a, b, c, dan d berikut ini serta berikan alasan mengapa anda menentukan keadaan tersebut!



Gambar 9. Representasi besaran digital dengan diode dan transistor untuk soal nomor 5 pada Bab I

6. Perhatikan rangkaian LED berikut ini:



Gambar 10. Representasi besaran digital dengan LED untuk soal nomor 6 pada Bab I

Tentukan keadaan level logika LED 1 dan LED 2 serta jelaskan alasannya untuk gambar a, b, c, dan d!

7. Implementasikan rangkaian-rangkaian dalam bentuk gambar blok yang terdiri dari tiga buah input dan sebuah output dengan ketentuan input dan output rangkaian direpresentasikan dengan:
 - a. INPUT-1, INPUT-2, INPUT-3 dengan SAKLAR, OUTPUT dengan LED
 - b. INPUT-1, INPUT-2, INPUT-3 dengan SAKLAR, OUTPUT dengan Transistor.
8. Soal nomor 8 dan nomor 9 adalah jenis pilihan ganda. Untuk mengerjakan soal-soal tersebut, pilih satu jawaban yang tepat di antara opsi jawaban yang tersedia! LED akan berfungsi sebagai peraga logika tinggi dalam suatu rangkaian dengan kondisi:
 - a. Tegangan anode sama dengan tegangan katode
 - b. Tegangan katode lebih positif dibandingkan tegangan anode
 - c. Tegangan anode lebih positif dibandingkan tegangan katode
 - d. Terpasang dalam konfigurasi *reverse bias*
 - e. Tegangan anode dan tegangan katode sama-sama positif
9. Berikut ini merupakan sistem digital, kecuali:
 - a. *Handphone*
 - b. *Multimeter moving coil*
 - c. Timbangan buah dengan peraga tujuh segmen
 - d. Pengendali robot
 - e. *Storage oscilloscope*

KOMPETENSI DASAR II

1. Mahasiswa memahami konsep berbagai sistem bilangan dalam teknik digital
2. Mahasiswa memahami konsep berbagai sistem kode dalam teknik digital.

TUJUAN PEMBELAJARAN II

Agar mahasiswa dapat:

1. mengetahui arti sistem bilangan desimal
2. mengetahui arti sistem bilangan biner dalam konteks sistem desimal
3. mengetahui arti sistem bilangan oktal dalam konteks sistem desimal
4. mengetahui arti sistem bilangan heksadesimal dalam konteks sistem desimal
5. mengubah berbagai sistem bilangan ke sistem desimal
6. mengubah sistem bilangan desimal ke berbagai sistem bilangan
7. mengubah sistem biner ke sistem oktal dan heksadesimal dengan cepat
8. mengubah sistem oktal dan heksadesimal ke sistem biner dengan cepat
9. mengubah sistem desimal ke sistem kode BCD atau sebaliknya
10. mengubah sistem desimal ke sistem kode XS-3 atau sebaliknya
11. mengubah sistem desimal ke sistem kode Gray atau sebaliknya
12. mengubah bilangan, huruf dan simbol ke dalam kode ASCII berparitas ganjil dan genap atau sebaliknya

GARIS BESAR MATERI II

Pada bab I telah dipelajari bahwa sistem maupun rangkaian digital/logika bekerja dengan menggunakan besaran digital yang disimbolkan dengan 0 untuk level logika rendah, dan 1 untuk level logika tinggi. Oleh karena hanya menggunakan dua buah simbol, suatu sistem/rangkaian digital pada dasarnya bekerja dengan menggunakan sistem bilangan biner. Agar diperoleh kemudahan dalam melakukan analisis dan perancangan sistem/rangkaian digital, perlu dipahami terlebih dahulu sistem bilangan biner. Pada bab ini anda akan mempelajari sistem bilangan biner yang mencakup pengertian sistem bilangan itu sendiri, konversinya ke sistem bilangan lain, dan konversi sebaliknya dari sistem bilangan lain ke sistem bilangan biner. Selain itu, melalui bab ini anda akan mempelajari pula sistem bilangan oktal dan heksadesimal. Penjelasan terhadap ketiga sistem bilangan tersebut akan dilakukan dalam konteks sistem bilangan desimal, karena desimal merupakan sistem bilangan yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Bagian akhir dari bab ini menjelaskan beberapa sistem kode yang digunakan untuk menyajikan data digital. Terdapat berbagai macam sistem kode seperti desimal dikode biner atau *binary-coded decimal* (BCD), *gray*, excess-3, kode peraga 7-segmen, dan ASCII. Jika penyajian data hanya menggunakan sistem bilangan, maka penyajian tersebut sangat terbatas yakni hanya dapat menyajikan data dalam bentuk bilangan positif saja. Dengan menggunakan sistem kode dapat disajikan berbagai macam jenis data seperti bilangan, simbol maupun huruf ke dalam besaran digital. Selain itu, dengan sistem kode juga dapat disajikan bilangan positif maupun bilangan negatif, dan bahkan bilangan pecahan dengan titik desimal. Melalui bab ini anda akan mempelajari pula berbagai sistem kode yang ada mencakup konsep dasar maupun cara pembangkitannya.

BAB II SISTEM BILANGAN DAN SISTEM KODE

A. Sistem Bilangan

1. Bilangan Desimal

Desimal merupakan sistem bilangan dengan basis 10, artinya digit/angka yang digunakan untuk menyajikannya berjumlah 10 buah yakni: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9, serta setiap digit penyusunnya memiliki bobot ke pangkat 10^n dengan n merupakan bilangan bulat positif dan negatif.

Contoh:

Bilangan $(5346)_{10}$ atau 5346_{10} memiliki arti:

$$5346_{10} = 5 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

Angka-angka penyusun bilangan desimal disebut **digit**. Digit yang menempati posisi paling kiri yakni 5 memiliki bobot terbesar sehingga dinamakan **Most Significant Digit (MSD)** sedangkan digit paling kanan dinamakan **Least Significant Digit (LSD)** yang berarti digit dengan bobot terkecil. Untuk bilangan desimal bulat 5346, hubungan antara digit-digit penyusunnya dengan bobotnya dapat disajikan seperti berikut ini.

	10^3	10^2	10^1	10^0	← Bobot bilangan desimal bulat
Bilangan desimal →	5	3	4	6	
	MSD			LSD	

Contoh lain, bilangan desimal 0,25 memiliki arti:

$$0,25 = 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

Berdasarkan contoh tersebut, hubungan digit-digit penyusunnya dengan bobotnya pada bilangan desimal pecahan 0,25 dapat disajikan seperti berikut ini.

	10^{-1}	10^{-2}	← Bobot bilangan desimal pecahan
Bilangan desimal →	0, 2	5	
	MSD	LSD	

2. Bilangan Biner

Biner merupakan sistem bilangan dengan basis 2, artinya dalam sistem ini digit yang digunakan berjumlah 2 buah yakni 0 dan 1, serta setiap digit penyusunnya (dinamakan bit) memiliki bobot ke pangkat 2^n dengan n merupakan bilangan bulat positif dan negatif.

Contoh:

Bilangan biner $(10110)_2$ atau 10110_2 , dalam konteks bilangan desimal memiliki arti:

$$10110_2 = \underbrace{1 \times 2^4}_{16_{10}} + \underbrace{0 \times 2^3}_{0} + \underbrace{1 \times 2^2}_{4_{10}} + \underbrace{1 \times 2^1}_{2_{10}} + \underbrace{0 \times 2^0}_{0} = 22_{10}$$

Bit dengan bobot terbesar dinamakan **Most Significant Bit (MSB)** dan bit paling kanan dengan bobot terkecil dinamakan **Least Significant Bit (LSB)**. Bobot bilangan biner ditunjukkan sebagai berikut:

	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	← Bobot bilangan biner bulat
Bilangan biner →	1	0	1	1	0	
	MSB				LSB	

Untuk bilangan biner pecahan, bobot bit MSB dimulai dari 2^{-1} . Contoh bilangan biner $0,101_2$ memiliki arti:

$$0,101_2 = 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 0,5 + 0 + 0,125 = 0,525_{10}$$

dan hubungan antara bit-bit penyusunnya dengan bobotnya adalah sebagai berikut.

	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	← Bobot bilangan biner pecahan
Bilangan biner →	0	1	0	1
	MSB		LSB	

3. Bilangan Oktal

Oktal merupakan sistem bilangan dengan basis 8. Dalam sistem ini digit yang digunakan berjumlah 8 buah yakni: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7, serta bobot yang dimiliki oleh setiap digit penyusunnya adalah kepangkatan 8^n dengan n merupakan bilangan bulat positif dan negatif.

Contoh:

Bilangan oktal $(215)_8$ atau 215_8 dalam konteks bilangan desimal memiliki arti:

$$215_8 = \underbrace{2 \times 8^2}_{128_{10}} + \underbrace{1 \times 8^1}_{8_{10}} + \underbrace{5 \times 8^0}_{5_{10}} = 141_{10}$$

Setiap bilangan penyusun pada sistem oktal disebut **digit** dan bobotnya ditunjukkan sebagai berikut:

	8^2	8^1	8^0	← Bobot bilangan oktal bulat
Bilangan oktal →	2	1	5	
	MSD		LSD	

Untuk bilangan oktal pecahan bobotnya merupakan ke pangkatan negatif dari 8, contoh bilangan oktal $0,14_8$ memiliki arti:

$$0,14_8 = 1 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} = \frac{1}{8} + \frac{4}{64} = \frac{2}{16} + \frac{1}{16} = \frac{3}{16}$$

dan hubungan antara digit-digit penyusunnya dengan bobotnya adalah:

$$\begin{array}{ccc} 8^2 & 8^1 & \leftarrow \text{Bobot bilangan oktal pecahan} \\ \text{Bilangan oktal} \rightarrow 0 & , & 1 \quad 4 \\ & & \text{MSD} \quad \text{LSD} \end{array}$$

4. Bilangan Heksadesimal

Heksadesimal merupakan sistem bilangan dengan basis 16, artinya simbol digit yang digunakan berjumlah 16 yakni 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, dan F, serta bobot setiap digit penyusunnya adalah ke pangkatan 16^n dengan n merupakan bilangan bulat positif dan negatif. **Contoh:**

Bilangan $(BE5)_{16}$ atau $BE5_{16}$ dalam konteks sistem desimal memiliki arti:

$$\begin{array}{ccc} \underline{11 \times 16^2} & + & \underline{14 \times 16^1} & + & \underline{5 \times 16^0} & = & 3045_{10} \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \\ 2816_{10} & & 224_{10} & & 5_{10} & & \end{array}$$

Bobot digit-digit heksadesimal pada contoh ditunjukkan sebagai berikut.

$$\begin{array}{ccc} 16^2 & 16^1 & 16^0 \leftarrow \text{Bobot bilangan heksadesimal bulat} \\ \text{Bilangan heksadesimal} \rightarrow & B & E & 5 \\ & \text{MSD} & & \text{LSD} \end{array}$$

Untuk bilangan heksadesimal pecahan, bobot terbesar dimulai dari 16^{-1} . Contoh bilangan heksadesimal pecahan adalah $0,C8_{16}$. Bilangan heksadesimal tersebut memiliki nilai desimal:

$$0,C8_{16} = 12 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} = \frac{12}{16} + \frac{8}{256} = \frac{24}{32} + \frac{1}{32} = \frac{25}{32}$$

dan hubungan antara digit-digit penyusunnya dengan bobotnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccc} 16^{-1} & 16^{-2} & \leftarrow \text{Bobot bilangan heksadesimal pecahan} \\ \text{Bilangan heksadesimal} \rightarrow 0 & , & C \quad 8 \\ & & \text{MSD} \quad \text{LSD} \end{array}$$

B. Konversi Sistem Biner, Oktal, dan Heksadesimal ke Sistem Desimal

Uraian tentang pengertian sistem bilangan biner, oktal, dan heksadesimal dalam konteks bilangan desimal yang telah dikemukakan di depan pada dasarnya merupakan penjelasan cara melakukan konversi dari semua sistem bilangan ke sistem bilangan desimal.

Prinsip dari konversi ini adalah menjumlahkan nilai dari setiap digit/bit suatu bilangan yang telah dikalikan dengan bobotnya.

1. Konversi Sistem Biner ke Desimal

a. Bilangan Bulat

Contoh:

$$1101_2 = \dots_{10}$$

$$1101_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 8 + 4 + 0 + 1 = 13_{10}$$

b. Untuk Bilangan Pecahan

Contoh:

$$1101,11_2 = \dots_{10}$$

$$1101,11_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

$$1101,11_2 = 8 + 4 + 0 + 1 + 0,5 + 0,25 = 13,75_{10}$$

2. Konversi Sistem Oktal ke Desimal

a. Bilangan Bulat

Contoh:

$$154_8 = \dots_{10}$$

$$154_8 = 1 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 4 \times 8^0 = 64 + 40 + 4 = 108_{10}$$

b. Bilangan Pecahan

Contoh:

$$154,67_8 = \dots_{10}$$

$$154,67_8 = 1 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 4 \times 8^0 + 6 \times 8^{-1} + 7 \times 8^{-2}$$

$$154,67_8 = 64 + 40 + 4 + 6/8 + 7/64 = 92,86_{10}$$

3. Konversi Sistem Heksadesimal ke Desimal

a. Bilangan Bulat

Contoh:

$$5B_{16} = \dots_{10}$$

$$5B_{16} = 5 \times 16^1 + 11 \times 16^0 = 80 + 11 = 91_{10}$$

b. Bilangan Pecahan

Contoh:

$$A7,C1_{16} = \dots_{10}$$

$$A7,C1_{16} = 10 \times 16^1 + 7 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2}$$

$$A7,C1_{16} = 160 + 7 + 12/16 + 1/256 = 167,75_{10}$$

C. Konversi Sistem Desimal ke Sistem Biner, Oktal, dan Heksadesimal

Konversi sistem desimal ke sistem bilangan lain dapat dilakukan dengan dua cara yakni metode nilai digit dan metode bagi. Pemilihan terhadap metode yang digunakan tergantung pada kebiasaan seseorang.

1. Konversi Sistem Desimal ke Sistem Biner

a. Metode Nilai Digit

Konversi sistem desimal ke sistem biner dengan metode ini dilakukan dengan cara menuliskan terlebih dahulu bobot bilangan biner pecahan dan bobot bilangan biner bulat misalnya dimulai dari 2^{-3} sampai dengan 2^8 . Penulisan bobot-bobot bilangan biner tersebut diurutkan dari bobot terkecil sampai dengan bobot terbesar dari kanan ke kiri.

Contoh:

$$21_{10} = \dots_2$$

$$227_{10} = \dots_2$$

$$227,625_{10} = \dots_2$$

Penyelesaian dari contoh di atas dengan metode nilai digit adalah sebagai berikut:

	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125
$21_{10} =$					1	0	1	0	1			
$227_{10} =$		1	1	1	0	0	0	1	1			
$227,625_{10} =$		1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1

Batas desimal



Gambar 11. Metode nilai digit

Dengan cara di atas, maka dapat diperoleh hasil konversi bilangan desimal 21 ke biner sebagai berikut:

$$21_{10} = 10101_2$$

Untuk memeriksa kebenaran hasil konversi, dapat dilakukan konversi balik dari bilangan biner 10101_2 ke sistem desimal sebagai berikut:

$$10101_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

$$10101_2 = 16 + 0 + 4 + 0 + 1 = 21_{10}$$

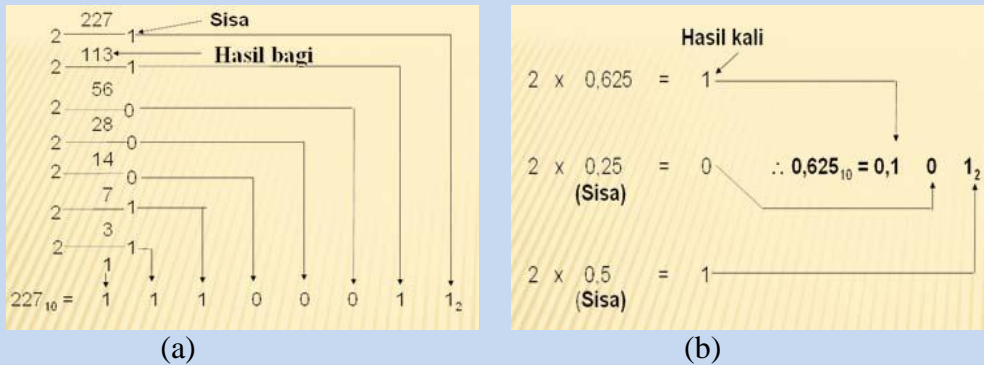
Dengan cara yang sama, yakni metode nilai digit dapat diperoleh hasil konversi bilangan desimal 227 dan 227,625 sebagai berikut:

$$227_{10} = 11100011_2$$

$$227,625_{10} = 11100011,101_2$$

b. Metode Bagi Dua

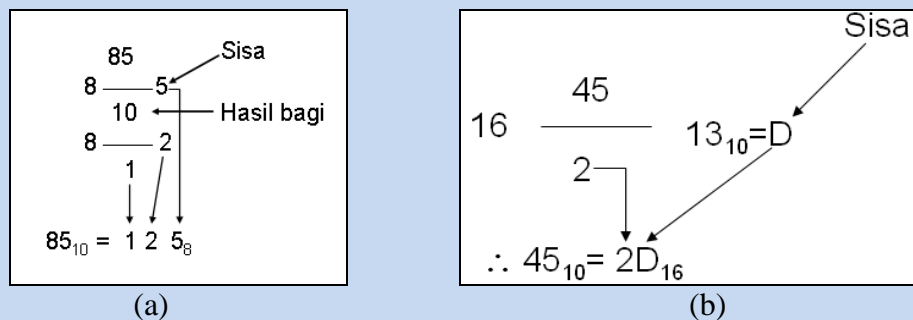
Konversi bilangan desimal ke sistem biner dengan metode bagi dua dapat dilakukan dengan cara seperti ditunjukkan pada gambar 12.



Gambar 12. Konversi bilangan desimal ke sistem biner menggunakan metode bagi dua: (a) bulat, (b) pecahan

2. Konversi Sistem Desimal ke Sistem Oktal dan Heksadesimal

Konversi sistem desimal ke sistem oktal dan ke sistem heksadesimal dapat dilakukan dengan metode bagi, dan dalam hal ini faktor pembagiannya adalah 8 untuk oktal dan 16 untuk heksadesimal. Contoh: konversikan bilangan desimal 85 ke sistem oktal dan sistem heksadesimal! Penyelesaiannya dapat dilakukan dengan cara:



Gambar 13. Konversi bilangan desimal bulat ke sistem (a) oktal dan (b) heksadesimal

D. Konversi Sistem Biner ke Sistem Oktal dan Heksadesimal

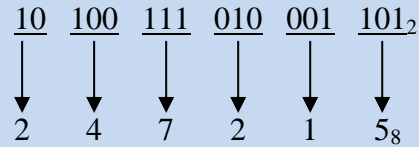
1. Konversi Sistem Biner ke Sistem Oktal

Konversi sistem biner ke sistem oktal dilakukan dengan cara mengelompokkan bilangan biner menjadi kelompok 3 bit dimulai dari LSB. Selanjutnya setiap kelompok bilangan biner tersebut dikonversi ke sistem oktal.

Contoh:

$10100111010001101_2 = \dots\dots\dots_8$

Penyelesaian konversinya adalah sebagai berikut:



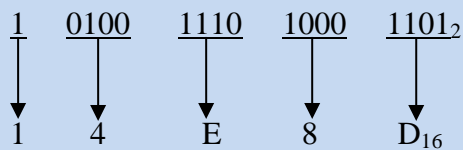
Jadi, $10100111010001101_2 = 247215_8$.

2. Konversi Sistem Biner ke Sistem Heksadesimal

Konversinya dilakukan dengan cara mengelompokkan bilangan biner menjadi kelompok 4 bit dimulai dari LSB. Selanjutnya setiap kelompok bilangan biner tersebut dikonversi ke sistem heksadesimal. **Contoh:**

$10100111010001101_2 = \dots\dots\dots_{16}$

Proses konversinya sebagai berikut:



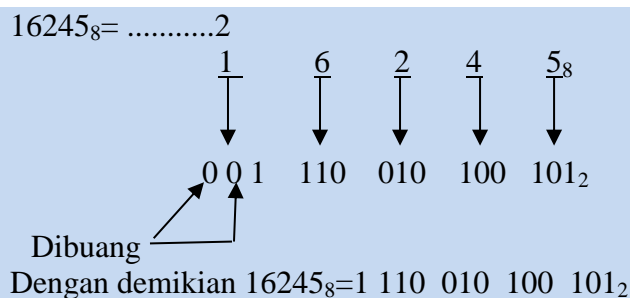
Sehingga $10100111010001101_2 = 14E8D_{16}$

E. Konversi Sistem Oktal dan Heksadesimal ke Sistem Biner

1. Konversi Sistem Oktal ke Sistem Biner

Konversi suatu bilangan oktal menjadi bilangan biner dilakukan dengan cara mengubah setiap bilangan oktal ke dalam bilangan biner 3-bit, dan jika ditemukan bit 0 pada MSB, bit tersebut dibuang.

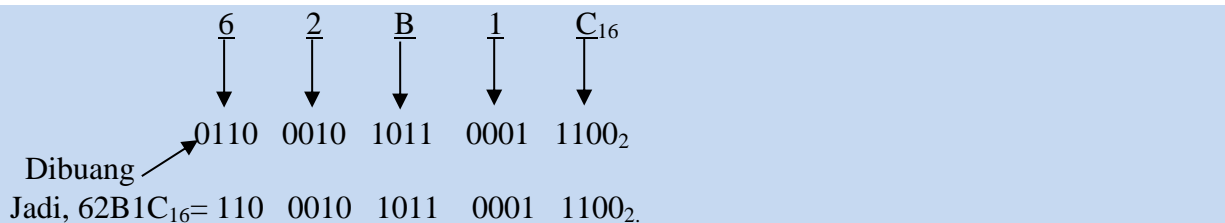
Contoh:



2. Konversi Sistem Heksadesimal ke Sistem Biner

Konversi ini dilakukan dengan cara mengubah setiap bilangan heksadesimal ke dalam bilangan biner 4-bit. Jika ditemukan bit 0 pada MSB, bit tersebut dibuang. **Contoh:**

$62B1C_{16} = \dots\dots\dots_2$



F. Sistem Kode

Data yang diproses di dalam sistem digital disusun dengan menggunakan kode tertentu. Terdapat berbagai macam sistem kode seperti desimal dikode biner atau *binary-coded decimal* (BCD), *gray*, excess-3, kode peraga 7-segmen, dan ASCII

Kode-kode tersebut disusun dengan suatu cara menggunakan bilangan biner yang membentuk kelompok tertentu. Kelompok bilangan biner yang membentuk suatu kode dibedakan penyebutannya. Kode biner **4-bit** dinamakan **nibble**, contoh 1101, 1010, dan 1001. Kode biner **8-bit** dinamakan **byte**, contoh: 10011100, dan 10101010. Dalam hal ini 1 byte=8-bit, 1Kilo byte=1KB=1024 byte= 2^{10} byte. Kode biner **16-bit** dinamakan **word**, contoh: 1001110010101010, dan kode biner **32-bit** dinamakan **double word**.

1. Kode BCD (*Binary-Coded Decimal*)

Kode BCD atau Desimal Dikode Biner sering ditulis dalam bentuk BCD-8421 menggunakan kode biner 4-bit untuk merepresentasikan masing-masing digit desimal dari suatu bilangan.

Contoh: Tulis dalam bentuk kode BCD-8421 bilangan desimal; 529!

Jawab:

5	2	9	← DESIMAL
0101	0010	1001	← BCD-8421

Dalam sistem kode BCD terdapat 6 buah kode yang tidak dapat digunakan (*invalid code*) yakni: 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, dan 1111, sehingga hanya ada 10 buah kode BCD yang valid yakni kode-kode untuk merepresentasikan bilangan desimal 0 s.d. 9. Untuk lebih memahami kode BCD, coba perhatikan konversi kode BCD ke sistem desimal berikut ini!

a. Ubah 0110 1000 0011 1001_{BCD} ke sistem desimal!

Jawab:

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{0110} & \underline{1000} & \underline{0011} & \underline{1001}_{\text{BCD}} & \longrightarrow & \text{Sistem BCD} \\ 6 & 8 & 3 & 9 & \longrightarrow & \text{Sistem Desimal} \end{array}$$

b. Ubah 0111 1100 0001_{BCD} ke sistem desimal!

Jawab:

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{0111} & \underline{1100} & \underline{0001}_{\text{BCD}} & \longrightarrow & \text{Sistem BCD} \\ 7 & & 1 & \longrightarrow & \text{Sistem Desimal} \\ & & & \longrightarrow & \text{Kode yang tidak dapat digunakan} \\ & & & & \text{(invalid), menunjukkan terjadi kesalahan pada kode BCD.} \end{array}$$

2. Kode Excess-3 (XS-3)

Sistem kode lain yang mirip dengan BCD adalah Excess-3. Untuk menyusun kode XS-3 dari suatu bilangan desimal, masing-masing digit dari suatu bilangan desimal yang akan dikode dengan XS-3, ditambah dengan 3 desimal, kemudian hasilnya dikonversi seperti cara pada konversi BCD.

Contoh: Tulis dalam bentuk kode XS-3 bilangan desimal 12!

Jawab:

$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & \longrightarrow \text{Sistem Desimal} \\ 3 & 3 & \\ \hline + & + & \\ 4 & 5 & \\ \hline 0100 & 0101 & \longrightarrow \text{Sistem XS-3} \end{array}$$

Pada XS-3, terdapat 6 kode yang tidak dapat digunakan yakni: 0000, 0001, 0010, 1101, 1110, dan 1111. Perhatikan contoh konversi berikut ini!

a. Ubah kode XS-3: 1001 1100 0101_{XS-3} ke sistem desimal!

Jawab:

$$\begin{array}{ccc} \underline{1001} & \underline{1100} & \underline{0101}_{\text{XS-3}} \longrightarrow \text{Sistem Kode XS-3} \\ 9 & 12 & 5 \\ 3 & 3 & 3 \\ \hline - & - & - \\ 6 & 9 & 2 \longrightarrow \text{Sistem desimal} \end{array}$$

b. Ubah kode XS-3: 0111 0001 1010_{XS-3} ke sistem desimal!

Jawab:

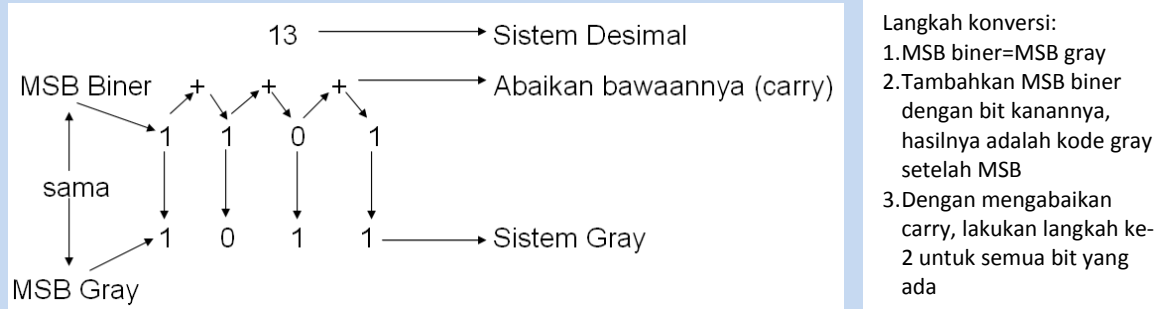
$$\begin{array}{ccc} \underline{0111} & \underline{0001} & \underline{1010}_{\text{XS-3}} \longrightarrow \text{Sistem Kode XS-3} \\ 7 & 1 & 10 \\ 3 & 3 & 3 \\ \hline - & - & - \\ 4 & \textcircled{-2} & 7 \longrightarrow \text{Sistem desimal} \end{array}$$

Kode XS-3 salah (invalid)

3. Kode Gray

Kode *gray* memiliki keunikan yakni setiap kali kode itu berubah nilainya secara berurutan misalnya dari 2 ke 3 atau dari 5 ke 6, hanya terdapat 1-bit saja yang berubah. Contoh: jika nilai kode *gray* berubah dari 2 ke 3, maka kode *gray* berubah dari 0011 ke 0010. Kode gray biasanya digunakan sebagai data yang menunjukkan posisi dari suatu poros mesin yang berputar. Cara mengubah bilangan desimal menjadi kode *gray* adalah sebagai berikut: Ubah 13_{10} dalam bentuk kode Gray!

Jawab:

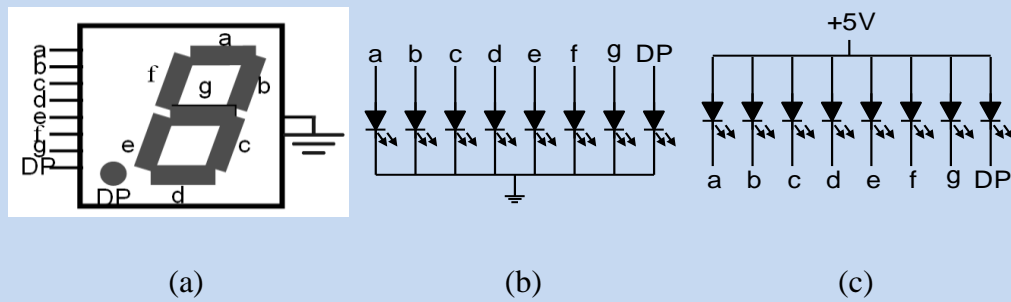


Gambar 14. Konversi sistem desimal ke sistem gray

Jadi, 13_{10} dalam bentuk kode *gray* adalah 1011_{GRAY} .

4. Kode 7-Segment Display

Hasil pemrosesan sinyal dari suatu rangkaian digital merupakan sinyal digital dalam bentuk kode-kode biner. Jika hasil tersebut tetap disajikan dalam bentuk aslinya yakni kode biner, maka kita akan mengalami kesulitan di dalam membacanya karena kita tidak terbiasa menggunakan kode biner dalam kehidupan sehari-hari. Kebiasaan kita adalah menggunakan sajian bilangan dalam bentuk desimal. Agar menjadi mudah dibaca, maka kode-kode biner tersebut perlu diubah tampilannya menggunakan tampilan desimal. Piranti yang digunakan untuk menampilkan data dalam bentuk desimal adalah LED *7-Segment Display* atau dinamakan peraga 7-segmen saja. Untuk menampilkan bilangan desimal, peraga ini memerlukan penggerak berbentuk kode-kode biner. Bentuk peraga 7-segmen ditunjukkan pada gambar 15 berikut ini.

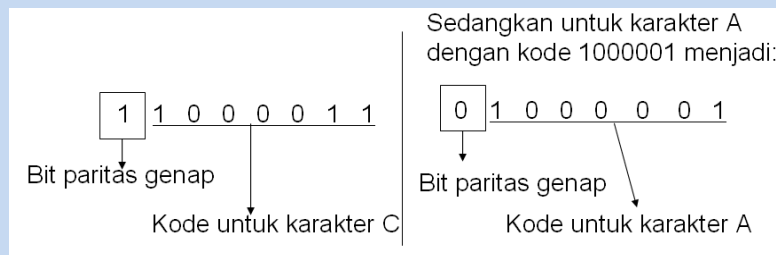


Gambar 15. Peraga 7-segmen

Setiap segmen dari peraga tersebut berupa LED yang susunannya membentuk suatu konfigurasi tertentu. Gambar 15 (a) menunjukkan wujud peraga 7-segmen dilihat dari atas, sedangkan gambar 15 (b) menunjukkan segmen-segmen peraga 7-segmen jenis *common cathode*. Pada jenis ini diperlukan sinyal tinggi untuk menyalakan setiap segmennya. Pada gambar 15 (c) ditunjukkan segmen-segmen peraga 7-segmen jenis *common anode* yang memerlukan sinyal rendah untuk menyalakan setiap segmennya.

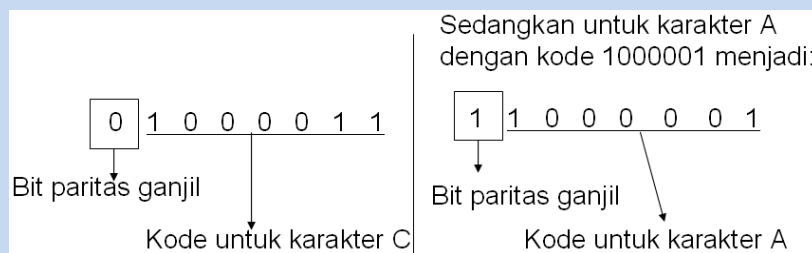
5. Kode ASCII

ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) merupakan kode biner untuk merepresentasikan bilangan, huruf, dan simbol, sehingga disebut juga kode alfanumerik. Terdapat dua jenis kode ASCII yakni berparitas genap dan ganjil. Contoh: Kode ASCII untuk karakter C adalah 1000011, memiliki jumlah bit 1 ganjil yakni 3 buah dan karakter A adalah 1000001, memiliki jumlah bit 1 genap yakni 2 buah. Untuk menyusun menjadi kode ASCII berparitas genap dilakukan sebagai berikut:



Gambar 16. Bit paritas genap untuk karakter C dan A

Sedangkan kode ASCII berparitas ganjil disusun dengan cara:



Gambar 17. Bit paritas ganjil untuk karakter C dan A

Tabel 3 menunjukkan nilai heksadesimal dari kode ASCII 7-bit. Untuk memperoleh nilai biner dari kode ASCII tersebut, anda harus mengubah nilai heksadesimal dari suatu kode ASCII ke dalam nilai biner. Contoh, pada tabel tercantum nilai heksadesimal dari karakter C adalah 43, maka nilai binernya adalah 100 0011. Untuk karakter A yang memiliki nilai heksadesimal 41, nilai binernya adalah 100 0001.

Tabel 3. Nilai heksadesimal untuk beberapa kode ASCII 7-bit.

Simbol	Kode ASCII	Simbol	Kode ASCII	Simbol	Kode ASCII	Simbol	Kode ASCII	Simbol	Kode ASCII
!	21	4	34	G	47	Z	5A	m	6D
"	22	5	35	H	48	[	5B	n	6E
#	23	6	36	I	49	\	5C	o	6F
\$	24	7	37	J	4A	]	5D	p	70
%	25	8	38	K	4B	^	5E	q	71
&	26	9	39	L	4C	_	5F	r	72
'	27	:	3A	M	4D	`	60	s	73
(	28	;	3B	N	4E	a	61	t	74
)	29	<	3C	O	4F	b	62	u	75
*	2A	=	3D	P	50	c	63	v	76
+	2B	>	3E	Q	51	d	64	w	77
,	2C	?	3F	R	52	e	65	x	78
-	2D	@	40	S	53	f	66	y	79
.	2E	A	41	T	54	g	67	z	7A
/	2F	B	42	U	55	h	68	{	7B
0	30	C	43	V	56	i	69	|	7C
1	31	D	44	W	57	j	6A	}	7D
2	32	E	45	X	58	k	6B	~	7E
3	33	F	46	Y	59	l	6C	DEL	7F

Ringkasan nilai biner, oktal, dan heksadesimal, serta nilai kode BCD, XS-3, Gray, dan kode peraga 7-segmen untuk bilangan desimal 0 sampai dengan 15 disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai berbagai sistem bilangan dan kode untuk bilangan desimal 0 s.d. 15

Desimal	Biner	Oktal	Heksa-desimal	BCD		Gray	Peraga 7-segmen	
				8421	XS-3		abcdefg	Display
0	0	0	0	0000	0011	0000	1111110	0
1	1	1	1	0001	0100	0001	0110000	1
2	10	2	2	0010	0101	0011	1101101	2
3	11	3	3	0011	0110	0010	1111001	3
4	100	4	4	0100	0111	0110	0110011	4
5	101	5	5	0101	1000	0111	1011011	5
6	110	6	6	0110	1001	0101	1011111	6
7	111	7	7	0111	1010	0100	1110000	7
8	1000	10	8	1000	1011	1100	1111111	8
9	1001	11	9	1001	1100	1101	1110011	9
10	1010	12	A	0001 0000	0100 0011	1111	1111101	A
11	1011	13	B	0001 0001	0100 0100	1110	0011111	B
12	1100	14	C	0001 0010	0100 0101	1010	0001101	C
13	1101	15	D	0001 0011	0100 0110	1011	0111101	D
14	1110	16	E	0001 0100	0100 0111	1001	1101111	E
15	1111	17	F	0001 0101	0100 1000	1000	1000111	F

G. Soal Latihan

1. Tulislah bobot bilangan:
 - a. biner 12 bit, terdiri atas 10 bit bilangan biner bulat dan 2 bit bilangan biner pecahan!
 - b. oktal 6 digit, terdiri atas 4 digit bilangan oktal bulat dan 2 digit bilangan oktal pecahan!
 - c. heksadesimal 5 digit, terdiri atas 3 digit bilangan bulat dan 2 digit pecahan!
2. Ubahlah ke dalam sistem desimal nilai:
 - a. 1000110_2
 - b. $11010010,011_2$
 - c. 345_8
 - d. $153,24_8$
 - e. $12AB_{16}$
 - f. $2F1,E_{16}$
3. Lakukan konversi ke sistem biner dengan menggunakan metode nilai digit dan metode bagi dua bilangan desimal berikut ini, dan lakukan konversi balik untuk memeriksa kebenaran konversi yang anda lakukan!
 - a. 268_{10}
 - b. 513_{10}
 - c. 1025_{10}
 - d. $0,375_{10}$
 - e. $71,875$
4. Ubahlah ke dalam sistem oktal, dan heksadesimal bilangan desimal berikut ini dan lakukan konversi balik untuk memeriksa kebenaran konversi yang anda lakukan!
 - a. 259_{10}
 - b. 5000_{10}
5. Ubahlah 101101010101110111001_2 ke sistem oktal dan heksadesimal!
6. Lakukan konversi nilai $2BF1A_{16}$ dan nilai 16243_8 ke sistem biner!
7. Susunlah ke dalam kode BCD, Gray, dan XS-3 untuk bilangan desimal 458_{10} !
8. Apa yang dimaksud dengan kode salah (invalid code) pada sistem kode BCD dan XS-3?
9. Lakukan konversi ke nilai desimal kode 000101001000_{BCD} , 1001001101110110_{BCD} , $0101000000001100001_{BCD}$, dan 1010011100111001_{XS-3} , $10001011011001110101_{XS-3}$, serta $011101101001110001010101_{XS-3}$!
10. Perhatikan kode BCD dan XS-3 berikut ini:
 - a. 1001001101011100_{BCD}
 - b. $010101110000000110010110_{BCD}$
 - c. 101100001000_{BCD}
 - d. 0110010110110101_{XS-3}
 - e. 110000100110_{XS-3}Tentukan kode mana yang salah dan kemukakan alasan mengapa kode tersebut anda nyatakan salah!

11. Tulislah kode peraga 7-segmen untuk menampilkan angka 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, dan F sesuai jenis peraga yang digunakan dengan mengisi tabel berikut ini:

Tabel 5. Kode peraga 7-segmen untuk soal nomor 11 pada Bab II

Kode Peraga 7-Segmen		Tampilan
Jenis Common Cathode	Jenis Common Anode	
a b c d e f g	a b c d e f g	
.....	0
.....	1
.....	2
.....	3
.....	4
.....	5
.....	6
.....	7
.....	8
.....	9
.....	A
.....	B
.....	C
.....	D
.....	E
.....	F

12. Tulislah kode ASCII berparitas genap dan berparitas ganjil untuk karakter H, S, dan N!
13. Kode ASCII berikut ini berparitas genap atautkah ganjil!
- 01000010
 - 01001111
 - 11010011
- Dengan menggunakan tabel 3, tentukan kode-kode tersebut mewakili karakter apa?
14. Soal nomor 14 dan 15 adalah jenis pilihan ganda. Untuk mengerjakannya, pilih satu jawaban yang paling tepat dari opsi yang tersedia. Kode BCD yang valid dari beberapa kode berikut ini adalah:
- 1001 1100 1111 0001
 - 0000 0101 1110 0011 1001 1100
 - 1011 0001 0010 0011 0111
 - 0110 0111 0000 0100 1100
 - 0111 0101 0000 0001 1000 1001
15. Hasil konversi bilangan 12 desimal ke dalam sistem kode BCD adalah:
- 1100
 - 0000 1100
 - 1100 0000
 - 0001 0010
 - 0000 0001 0010

KOMPETENSI DASAR III

1. Mahasiswa memahami watak gerbang logika dasar
2. Mahasiswa memahami prinsip-prinsip deskripsi, evaluasi dan implementasi rangkaian logika
3. Mahasiswa memahami watak gerbang universal NOR dan NAND serta hukum-hukum aljabar Boole sebagai dasar analisis dan perancangan rangkaian logika

TUJUAN PEMBELAJARAN III

Agar mahasiswa dapat:

1. mengetahui arti konstanta dan variabel Boole pada gerbang logika
2. mengetahui manfaat tabel kebenaran dalam analisis dan perancangan rangkaian logika
3. menggambarkan simbol dan menuliskan persamaan logika gerbang-gerbang logika dasar
4. menyebutkan seri IC TTL gerbang logika dasar dan menggambarkan susunan pin yang tersedia
5. menjelaskan watak gerbang-gerbang logika dasar melalui tabel kebenaran dan diagram waktu
6. mendeskripsikan rangkaian logika menggunakan persamaan maupun simbol gerbang logika
7. mengevaluasi output rangkaian logika dalam bentuk deskripsi simbol dan persamaan Boole
8. mengimplementasikan rangkaian logika dari persamaan menjadi rangkaian
9. menggambar rangkaian logika menggunakan simbol gerbang dan koneksi secara benar
10. menggambarkan simbol dan menuliskan persamaan logika gerbang NOR dan NAND
11. menyebutkan seri IC TTL gerbang NOR dan NAND serta menggambarkan susunan *pin* nya
12. menjelaskan watak gerbang NOR dan NAND melalui tabel kebenaran dan diagram waktu
13. menuliskan ekspresi dari teorema variabel tunggal dan jamak pada aljabar Boole
14. menjelaskan watak universal gerbang NOR dan NAND
15. melakukan minimalisasi rangkaian menggunakan teorema de Morgan.

GARIS BESAR MATERI III

Secara umum bagian ini terdiri atas dua materi pokok yakni gerbang logika dasar yang merupakan elemen rangkaian/sistem digital dan aljabar Boole yang merupakan alat untuk keperluan perancangan dan analisis rangkaian digital/logika. Bagian ini diawali dengan penjelasan tentang tabel kebenaran yakni suatu tabel yang digunakan untuk menunjukkan pengaruh pemberian input terhadap keadaan output pada suatu rangkaian logika. Tabel kebenaran sesungguhnya menunjukkan watak suatu rangkaian logika sehingga pengetahuan tentang teknik penyusunan maupun interpretasi terhadap tabel kebenaran sangat diperlukan bagi anda yang ingin merancang dan menganalisis rangkaian logika dengan mudah dan baik.

Pada bab ini akan diperkenalkan gerbang logika dasar dalam bentuk definisi, simbol, ekspresi Boole atau persamaan logika, maupun wataknya. Memahami gerbang logika dasar merupakan landasan bagi kegiatan perancangan dan analisis rangkaian logika. Hal itu dikarenakan gerbang logika merupakan elemen penyusun rangkaian logika. Selanjutnya anda akan diperkenalkan cara mendeskripsikan rangkaian logika dengan menggunakan persamaan logika. Pemahaman terhadap materi ini diperlukan agar anda dapat melakukan evaluasi terhadap output rangkaian logika dengan cepat. Selain itu, dengan pemahaman tersebut anda juga dapat melakukan karakterisasi atau penentuan karakteristik suatu rangkaian logika secara teoritik dengan cepat dan mudah.

Hasil rancangan rangkaian logika yang berbentuk ekspresi Boole tidak akan dapat berguna jika tidak diimplementasikan. Pada bab ini akan diperkenalkan juga cara mengimplementasikan rangkaian logika dari suatu persamaan logika yang diketahui.

Selain gerbang logika dasar AND, OR, dan NOT, melalui bab ini akan dikenalkan juga gerbang yang memiliki sifat universal yakni NAND dan NOR. Pemahaman terhadap watak gerbang-gerbang tersebut penting karena keduanya bersifat universal dapat menggantikan gerbang logika dasar dalam membangun semua rangkaian logika.

Selanjutnya akan dijelaskan kegiatan perancangan dan analisis rangkaian logika yang merupakan kompetensi atau keahlian yang diharapkan dapat anda capai dalam mempelajari buku ini. Sebagai landasan bagi kegiatan perancangan dan analisis, diperkenalkan juga berbagai teorema Aljabar Boole.

BAB III GERBANG LOGIKA DASAR DAN ALJABAR BOOLE

A. Tabel Kebenaran (Truth Table)

Tabel kebenaran atau *truth table* merupakan tabel yang menunjukkan pengaruh pemberian level logika pada input suatu rangkaian logika terhadap keadaan level logika outputnya. Contoh tabel kebenaran untuk rangkaian logika dengan 1 input, 2 input dan 3 input ditunjukkan pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Tabel kebenaran rangkaian logika berbagai jumlah variabel input

Diagram illustrating the relationship between the number of input variables (n) and the number of possible output combinations (2^n) for a logic function.

(a) 1 input variable (A) and 1 output variable (Y). The output Y is 0 for A=0 and 1 for A=1. The output is labeled as the Least Significant Bit (LSB).

INPUT	OUTPUT
A	Y
0	0
1	1

(b) 2 input variables (A, B) and 1 output variable (Y). The output Y is 0 for (A,B) = (0,0), (0,1), (1,0) and 1 for (A,B) = (1,1). The output is labeled as the Least Significant Bit (LSB).

INPUT		OUTPUT
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(c) 3 input variables (A, B, C) and 1 output variable (Y). The output Y is 0 for (A,B,C) = (0,0,0), (0,1,0), (1,0,0), (1,1,0) and 1 for (A,B,C) = (0,1,1), (1,0,1), (1,1,1). The output is labeled as the Least Significant Bit (LSB). The number of possible output combinations is 2^3 = 8.

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

MSB (Most Significant Bit) is indicated for the input variables A, B, and C. The output Y is the LSB (Least Significant Bit).

2^n = 2^3 = 8 kemungkinan

Kolom Y diisi sesuai dengan karakteristik rangkaian logikanya, tabel 6 (c) menunjukkan contoh tabel kebenaran rangkaian detektor bilangan prima 3-bit!

B. Gerbang Logika Dasar

1. Gerbang OR

Gerbang OR didefinisikan sebagai gerbang logika yang memberikan keadaan logika 1 (tinggi) pada outputnya, jika keadaan salah satu atau lebih inputnya berlogika 1 (tinggi). Tabel kebenarannya untuk OR-2 input ditunjukkan pada tabel 7 berikut ini.

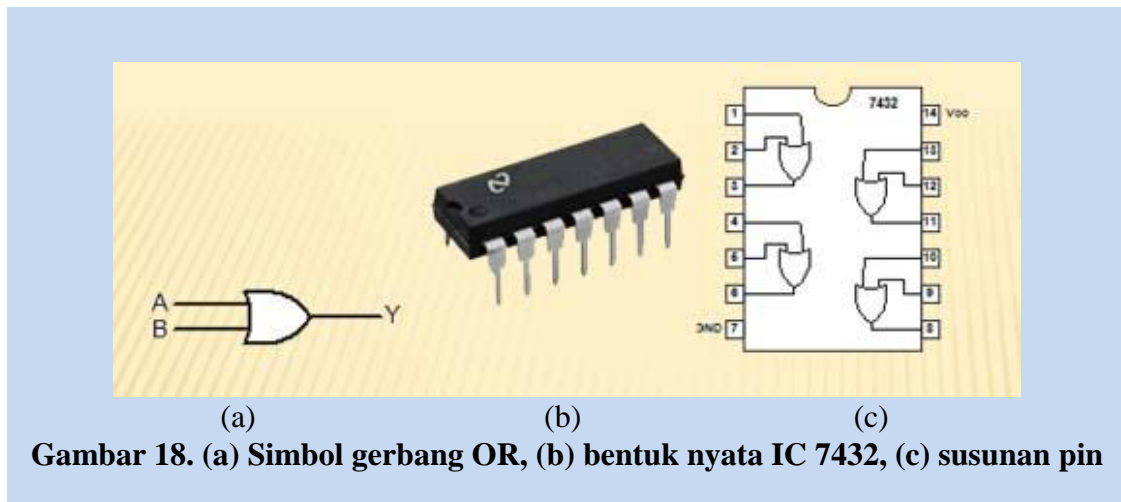
Tabel 7. Tabel kebenaran gerbang OR 2 input

INPUT		OUTPUT
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

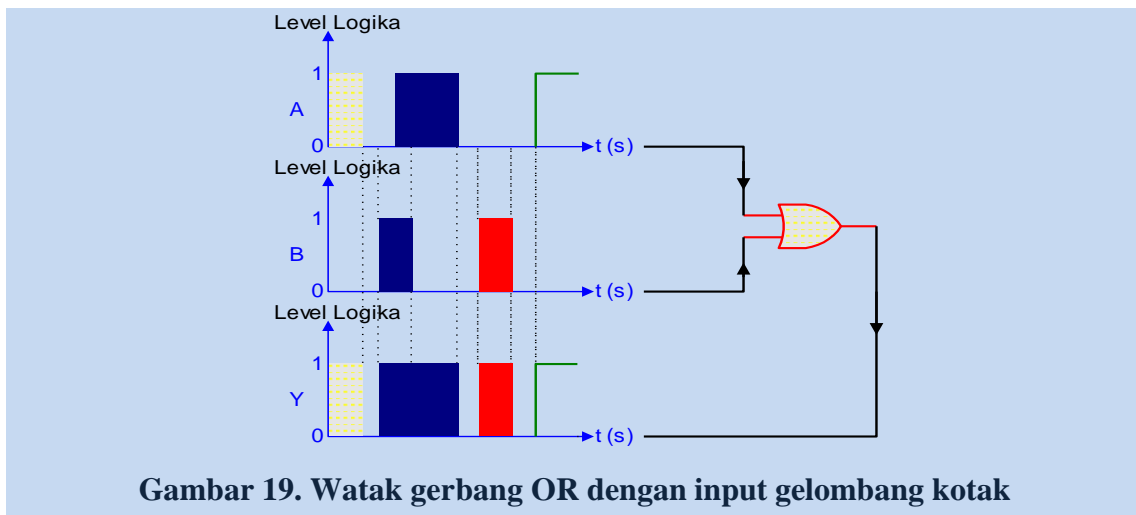
Persamaan logika atau ekspresi Boole output gerbang OR dinyatakan dengan persamaan:

$$Y=A + B \quad \text{atau} \quad Y=A \text{ or } B \quad \text{persamaan (1)}$$

Sedangkan simbol dan IC TTL (transistor transistor logic) yang menyediakan fungsi gerbang OR yakni seri 7432 disajikan pada gambar 18.



Selain dengan input berupa saklar, watak gerbang logika juga dapat dipelajari dengan memberikan input berupa gelombang kotak. Contoh watak gerbang OR dengan input berupa gelombang kotak ditunjukkan pada gambar 19 berikut ini.



2. Gerbang AND

Gerbang AND didefinisikan sebagai gerbang logika yang memberikan keadaan level logika 1 (tinggi) pada outputnya, jika dan hanya jika semua keadaan inputnya berlevel logika 1 (tinggi). Tabel kebenaran gerbang AND 2 input ditunjukkan pada tabel 8.

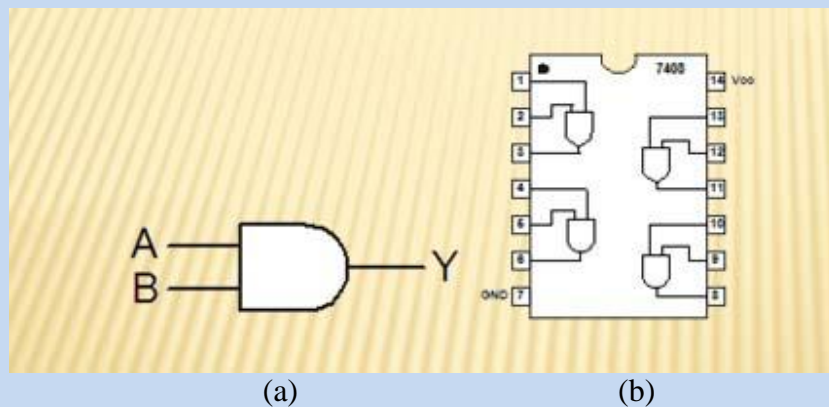
Tabel 8. Tabel kebenaran gerbang AND 2 input

INPUT		OUTPUT
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Persamaan logika untuk gerbang AND 2 input adalah:

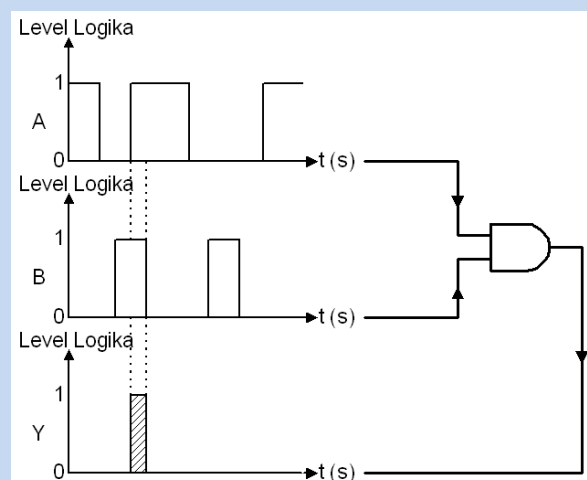
$$Y = A \cdot B \text{ atau } Y = AB \text{ atau } Y = A \text{ and } B \quad \text{persamaan (2)}$$

dan simbol serta susunan IC yang menyediakan fungsi AND ditunjukkan gambar 20.



Gambar 20. Gerbang AND: (a) simbol, (b) susunan pin IC 7408

Untuk input berbentuk gelombang kotak, watak atau respons output gerbang AND 2 input ditunjukkan seperti contoh pada gambar 21.



Gambar 21. Watak gerbang AND terhadap input berbentuk gelombang kotak

3. Gerbang NOT

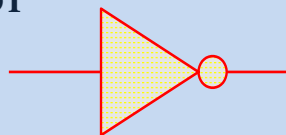
NOT merupakan gerbang logika yang memberikan keadaan level logika 1 (tinggi) pada outputnya, jika keadaan inputnya berlevel logika 0 (rendah) atau sebaliknya gerbang ini akan memberikan keadaan level logika 0 (rendah) pada outputnya jika keadaan inputnya berlevel 1 (tinggi). Persamaan logika gerbang NOT adalah:

$$Y = \text{not } A \quad \text{atau} \quad Y = \overline{A} \quad \text{persamaan (3)}$$

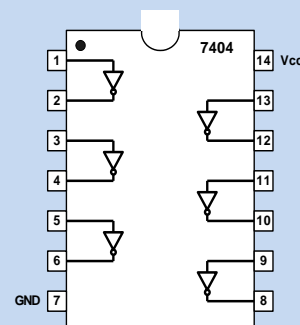
Sedangkan tabel kebenaran, simbol dan susunan pin IC gerbang NOT adalah:

Tabel 9. Tabel Kebenaran NOT

INPUT	OUTPUT
A	Y
0	1
1	0

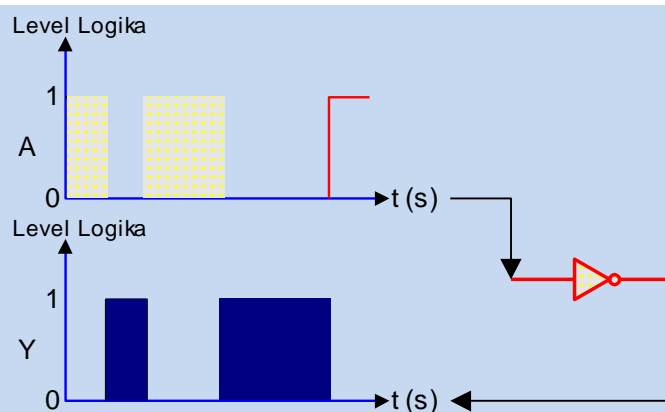


Gambar 22. Simbol gerbang NOT



Gambar 23. Susunan pin IC NOT seri 7404

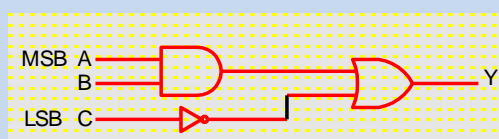
Watak gerbang NOT terhadap input gelombang kotak ditunjukkan pada gambar 48 berikut ini.



Gambar 24. Watak gerbang NOT terhadap input berbentuk gelombang kotak

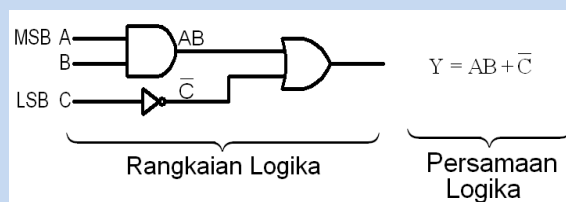
C. Mendeskripsikan Rangkaian Logika

Rangkaian logika dapat dideskripsikan dalam dua bentuk yakni dengan menggunakan simbol elemen logika dan menggunakan persamaan logika/ekspresi Boole. **Contoh:** Deskripsikan rangkaian berikut ini dengan menggunakan persamaan logika!



Gambar 25. Contoh rangkaian logika yang akan dideskripsikan dengan persamaan

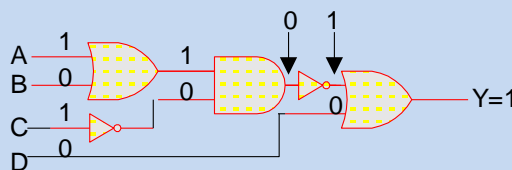
Untuk dapat mendeskripsikan rangkaian logika ke dalam bentuk persamaan logika, harus dituliskan terlebih dahulu persamaan logika pada setiap output gerbang penyusun rangkaian tersebut. Selanjutnya, penulisan persamaan logika terhadap operasi yang dilakukan oleh gerbang terakhir akan menghasilkan persamaan logika dari rangkaian tersebut.



Gambar 26. Cara mendeskripsikan rangkaian dengan persamaan logika

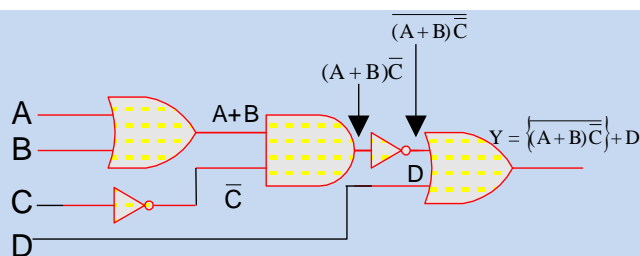
D. Mengevaluasi Output Persamaan Logika

Evaluasi output rangkaian logika dapat dilakukan dengan menggunakan deskripsi simbol gerbang seperti di bawah ini:



Gambar 27. Evaluasi output rangkaian logika dengan deskripsi simbol

Tetapi cara seperti itu akan menjadi kurang efisien, karena setiap output gerbang harus dievaluasi, sedangkan jumlah kemungkinan input dengan 4 variabel input adalah 16 buah, dapat dibayangkan betapa repotnya mengevaluasi output rangkaian logika itu untuk semua kemungkinan input yang ada! Agar evaluasi output rangkaian logika menjadi mudah, sebaiknya rangkaian dideskripsikan terlebih dahulu menjadi persamaan logika seperti berikut ini.



Gambar 28. Evaluasi output rangkaian logika dengan deskripsi persamaan

Dengan menggunakan persamaan logika yang telah ditemukan yakni $Y = \overline{(A+B)C} + D$, dapat dengan mudah disusun tabel 10.

Tabel 10. Tabel kebenaran persamaan logika $Y = \overline{(A+B)C} + D$

INPUT				OUTPUT SETIAP GERBANG				OUTPUT
A	B	C	D	A+B	\overline{C}	$(A+B)\overline{C}$	$\overline{(A+B)C}$	Y
0	0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	0	1	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	1	1	1	1	0	1
0	1	1	0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	1	1	1	0	1
1	0	1	0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	0	0	1	1

E. Mengimplementasikan Rangkaian Logika

Untuk mempelajari implementasi rangkaian logika perhatikan contoh berikut ini! Implementasikan persamaan logika $Y = \overline{A} \overline{B} C + \overline{A} B \overline{C} + A \overline{B} \overline{C}$ ke dalam bentuk rangkaian logika!

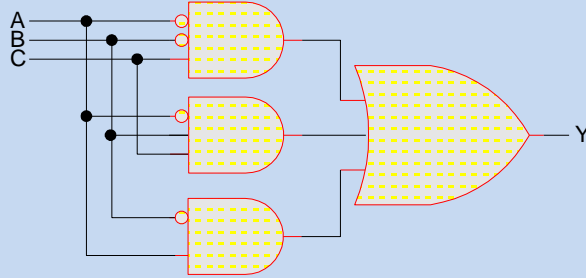
Jawab:

Berdasarkan persamaan tersebut kebutuhan gerbang adalah:

OR 3-input : 1 buah
AND 3-input : 2 buah

AND 2-input : 1 buah
NOT : 4 buah

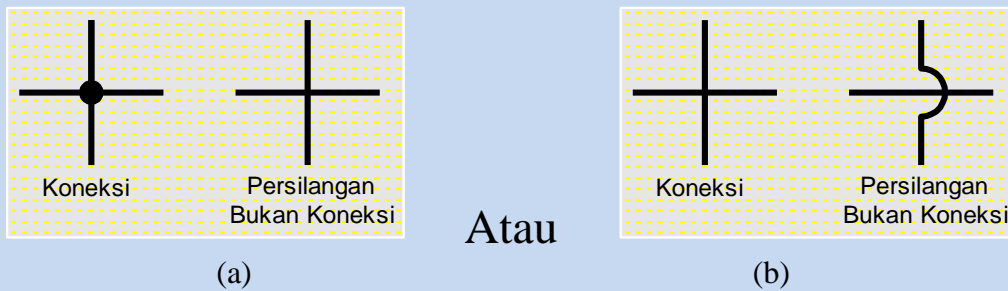
Jadi, rangkaian logika untuk persamaan $Y = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C}$ adalah:



Gambar 29. Rangkaian logika untuk persamaan $Y = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C}$

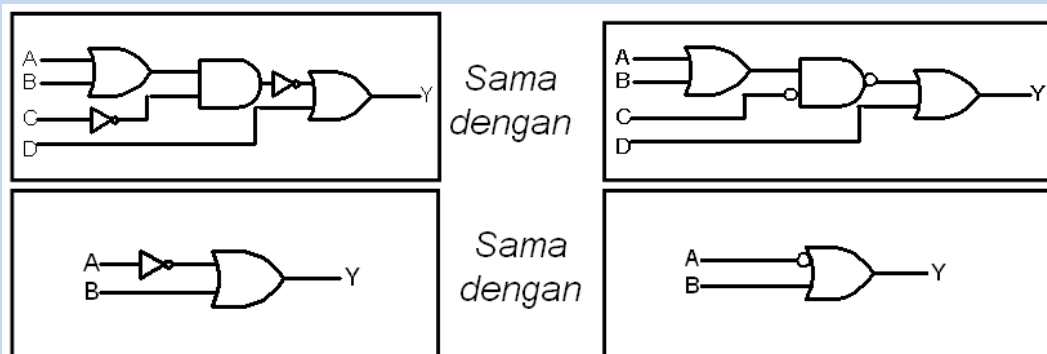
Agar penyusunan rangkaian logika dapat dilakukan dengan benar, perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Interseksi rangkaian menggunakan simbol sebagai berikut:



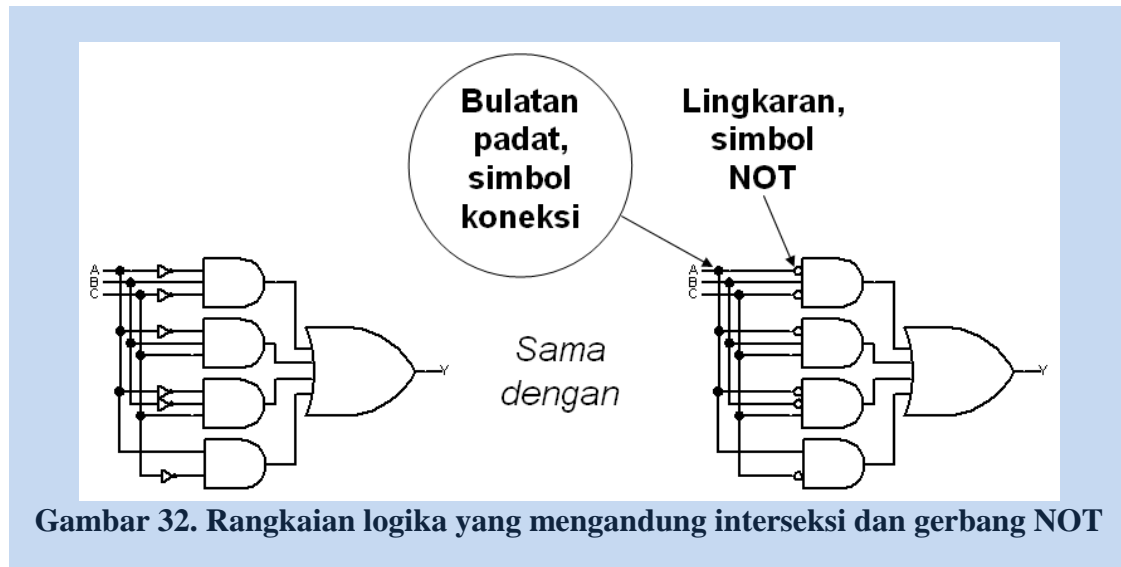
Gambar 30. Simbol interseksi rangkaian logika

2. Pada rangkaian yang mengandung gerbang NOT, simbol gerbang NOT dapat diganti dengan lingkaran yang menempel pada gerbang yang dihubungkannya.
Contoh:

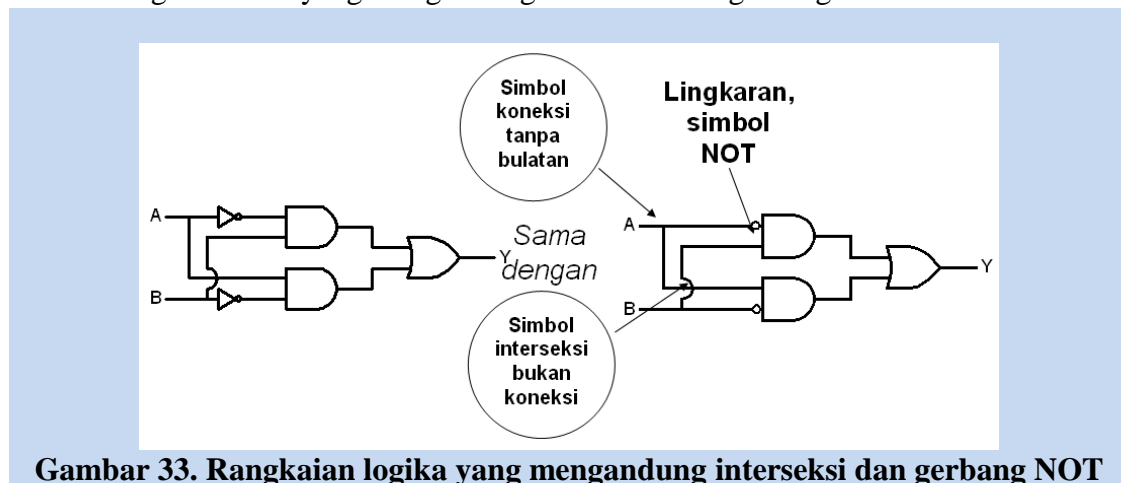


Gambar 31. Pengganti simbol gerbang NOT pada rangkaian logika

Contoh berikut ini menunjukkan rangkaian logika yang mengandung interseksi dan gerbang NOT.



Contoh rangkaian lain yang mengandung interseksi dan gerbang NOT:



F. Gerbang NOR dan Gerbang NAND

Selain gerbang logika dasar AND, OR, dan NOT, terdapat dua buah gerbang yakni NAND dan NOR yang sangat penting peranannya dalam perancangan dan analisis rangkaian logika. Kedua gerbang tersebut sangat penting karena memiliki sifat universal, yakni dapat menggantikan gerbang logika dasar dalam membangun semua rangkaian logika.

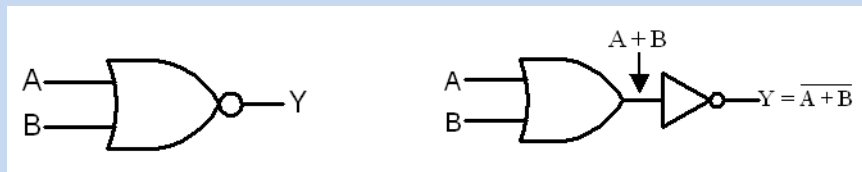
1. Gerbang NOR

NOR merupakan gerbang logika gabungan dari gerbang OR dan gerbang NOT. Outputnya kebalikan dari output gerbang OR. Persamaan logikanya adalah:

$$Y = \overline{A + B}$$

persamaan (4)

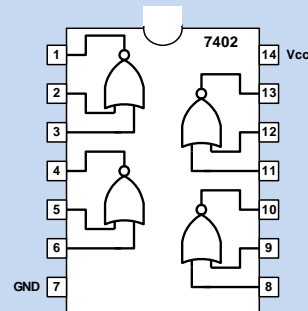
Simbol, tabel kebenaran dan IC nya ditunjukkan gambar berikut ini.



Gambar 34. Simbol gerbang NOR dan rangkaian ekivalennya

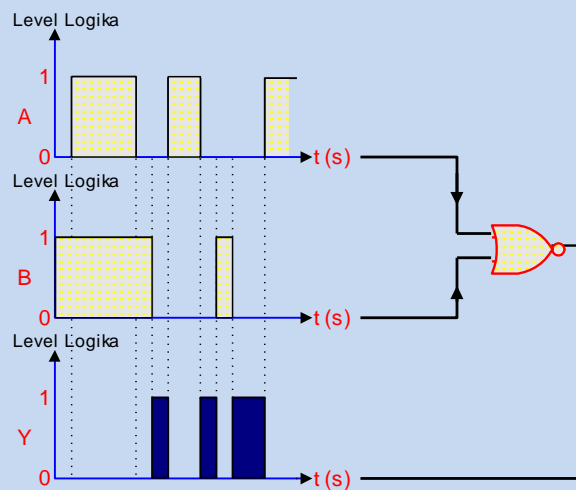
Tabel 11. Tabel kebenaran gerbang NOR

INPUT		OUTPUT OR	OUTPUT NOR
A	B	A+B	$Y = \overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0



Gambar 35. IC NOR 7402

Jika gerbang NOR inputnya berupa gelombang kotak, wataknya ditunjukkan pada gambar 36 berikut ini.



Gambar 36. Watak gerbang NOR dengan input gelombang kotak

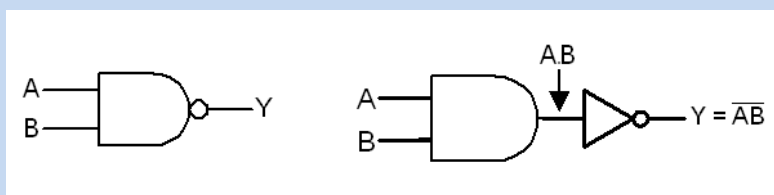
2. Gerbang NAND

NAND adalah gerbang logika yang di dalamnya terdapat gabungan gerbang AND dan gerbang NOT. Outputnya merupakan kebalikan dari gerbang AND dengan persamaan logika:

$$Y = \overline{AB}$$

persamaan (5)

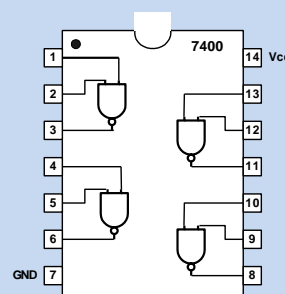
Simbol, tabel kebenaran dan IC nya ditunjukkan gambar berikut ini.



Gambar 37. Simbol gerbang NOR dan rangkaian ekivalennya

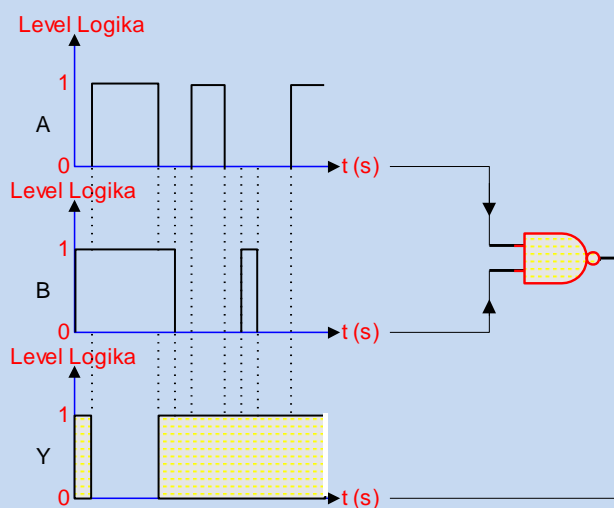
Tabel 12. Tabel kebenaran gerbang NAND

INPUT		OUTPUT AND	OUTPUT NAND
A	B	AB	$Y = \overline{AB}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0



Gambar 38. IC NAND 7400

Jika pada kedua inputnya diberikan gelombang kotak, respons output gerbang NAND 2 input ditunjukkan pada gambar berikut ini.



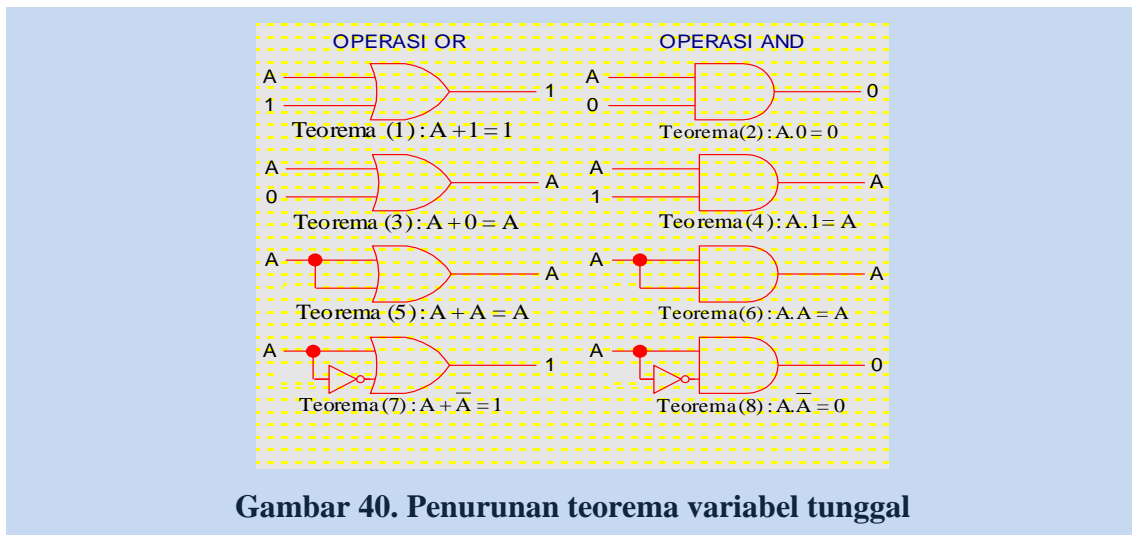
Gambar 39. Watak gerbang NAND dengan input gelombang kotak

G. Teorema-teorema Aljabar Boole

Aljabar Boole sangat penting peranannya di dalam proses perancangan maupun analisis rangkaian logika. Terdapat dua jenis teorema dalam aljabar Boole yakni teorema variabel tunggal dan teorema variabel jamak. Setiap teorema baik yang bersifat tunggal maupun jamak selalu memiliki teorema rangkapnya.

1. Teorema Variabel Tunggal

Teorema variabel tunggal aljabar Boole diturunkan dari operasi logika dasar OR, AND, dan NOT. Penurunan teorema variabel tunggal ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Perhatikan bahwa teorema pada operasi AND dapat diperoleh melalui teorema pada operasi OR atau sebaliknya. Untuk memperoleh suatu teorema dari teorema yang diketahui, lakukan dengan:

- Mengubah tanda + menjadi dot (.) atau sebaliknya
- Mengubah 1 menjadi 0 atau sebaliknya

Berdasarkan gambar 40, dapat dituliskan teorema-teorema aljabar Boole untuk variabel tunggal seperti tersaji pada tabel 13 berikut ini.

Tabel 13. Teorema-teorema aljabar Boole untuk variabel tunggal

Teorema	Ekspresi	Sifat Rangkap
Satu dan Nol	Teorema (1): $A + 1 = 1$	Teorema (2): $A \cdot 0 = 0$
Identitas	Teorema (3): $A + 0 = A$	Teorema (4): $A \cdot 1 = A$
Idempoten	Teorema (5): $A + A = A$	Teorema (6): $A \cdot A = A$
Komplemen	Teorema (7): $A + \bar{A} = 1$	Teorema (8): $A \cdot \bar{A} = 0$
Involusi	Teorema (9): $\bar{\bar{A}} = A$	-

2. Teorema Variabel Jamak

Teorema-teorema variabel jamak aljabar Boole umumnya sama dengan teorema-teorema pada aljabar biasa seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 14. Teorema-teorema aljabar Boole untuk variabel jamak

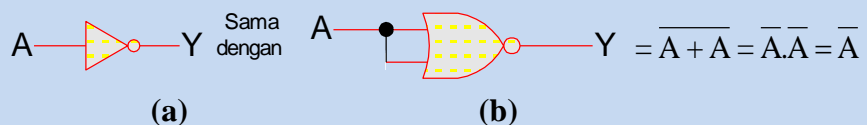
Teorema	Ekspresi	Sifat Rangkap
Komutatif	Teorema (10): $A+B=B+A$	Teorema (11): $AB=BA$
Asosiatif:	Teorema (12): $A+(B+C)=(A+B)+C$	Teorema (13): $A(BC)=(AB)C$
Distributif:	Teorema (14): $A+BC=(A+B)(A+C)$	Teorema (15): $A(B+C)=AB+AC$
Absorpsi	Teorema (16): $A+AB=A$ Teorema (18): $A+\overline{A}B=A+B$	Teorema (17): $A(A+B)=A$ Teorema (19): $A(\overline{A}+B)=AB$
De Morgan	Teorema (20): $\overline{A+B+\dots}=\overline{A}.\overline{B}....$	Teorema (21): $\overline{A.B....}=\overline{A}+\overline{B}+...$

H. Universalitas Gerbang NOR dan NAND

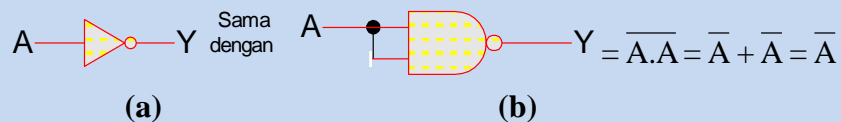
Gerbang NOR dan NAND memiliki sifat universal, artinya semua gerbang logika atau rangkaian logika dapat disusun dengan menggunakan gerbang NOR saja atau NAND saja.

1. NOR/NAND sebagai gerbang NOT

Gambar 41 menunjukkan gerbang NOT yang dibentuk dari gerbang NOR dan gambar 42 NOT yang dibentuk dari gerbang NAND.



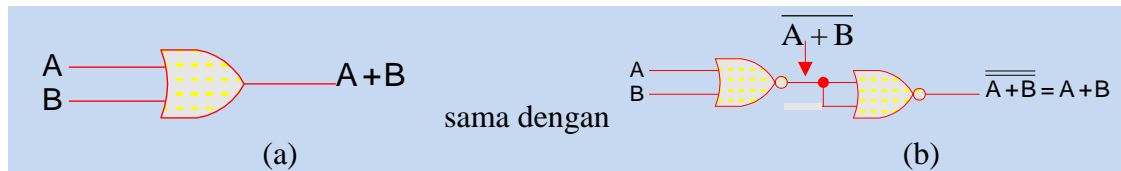
Gambar 41. Gerbang NOT dengan NOR



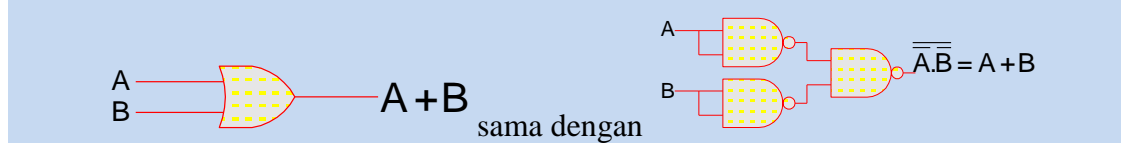
Gambar 42. Gerbang NOT dengan NAND

2. NOR/NAND sebagai gerbang OR

Gerbang OR yang dibentuk dari gerbang NOR ditunjukkan pada gambar 43 dan gerbang OR dari gerbang NAND ditunjukkan pada gambar 44.



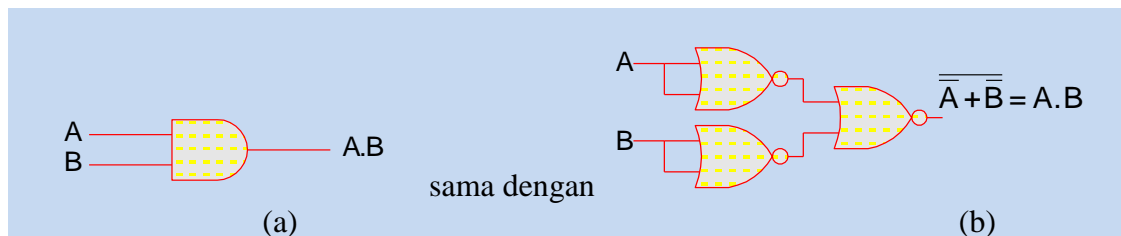
Gambar 43. Gerbang OR dengan menggunakan NOR



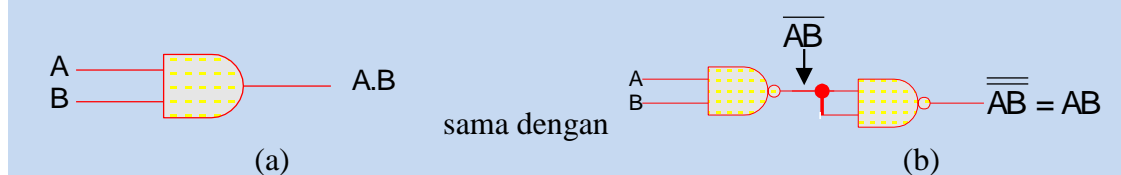
Gambar 44. Gerbang OR dengan NAND

3. Gerbang AND dengan NOR/NAND

Gerbang AND yang dibentuk dari gerbang NOR ditunjukkan pada gambar 45 dan gerbang AND dari gerbang NAND ditunjukkan pada gambar 46.



Gambar 45. Gerbang AND dengan NOR

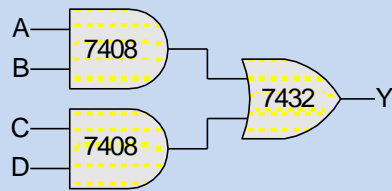


Gambar 46. Gerbang AND dengan NAND

Keuntungan menggunakan gerbang NAND dan NOR adalah implementasinya menjadi lebih efisien.

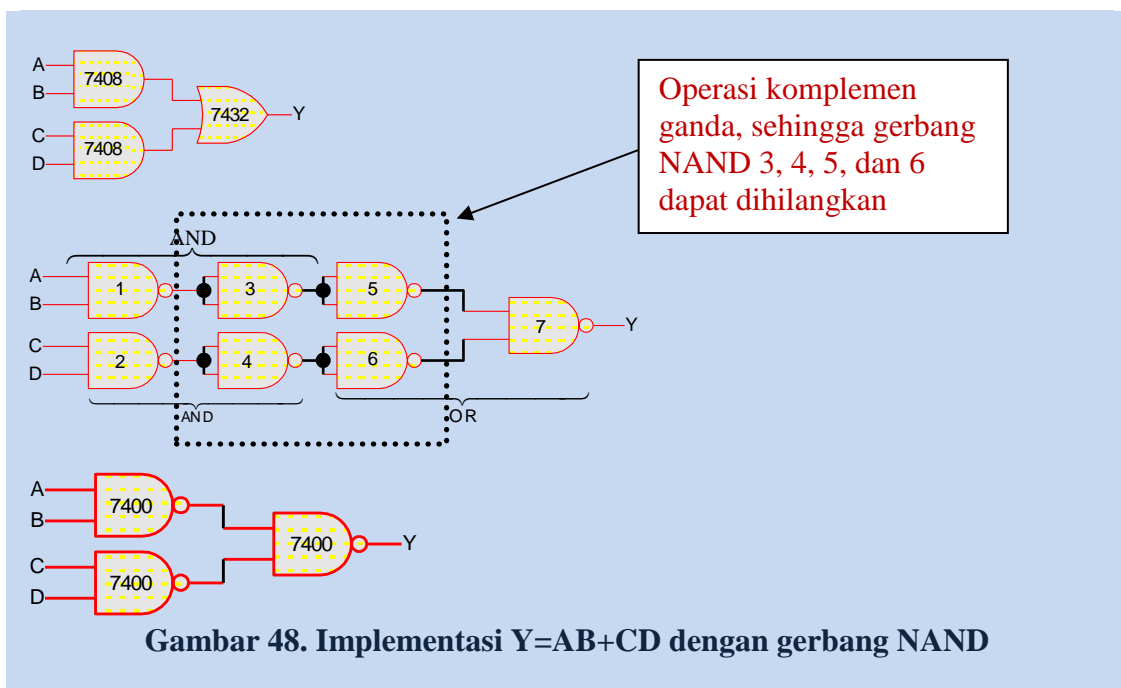
Contoh:

Suatu persamaan logika $Y = AB + CD$ memerlukan sebuah gerbang OR 2-input dan dua buah gerbang AND 2-input. Jika persamaan tersebut diimplementasikan dengan gerbang OR dan AND, hasilnya adalah:



Gambar 47. Implementasi $Y=AB+CD$ dengan gerbang AND dan OR

Implementasi tersebut memerlukan sebuah gerbang OR 2 input dan dua buah gerbang AND 2 input, atau memerlukan dua buah IC yakni IC OR 7432 dan IC AND 7408. Tetapi, jika rangkaian tersebut diimplementasikan dalam bentuk NAND hanya memerlukan sebuah IC NAND 7400. Coba perhatikan penyusunan rangkaian dalam bentuk NAND berikut ini! Untuk membentuk persamaan $Y=AB+CD$ dalam bentuk NAND, dilakukan dengan cara sebagai berikut:

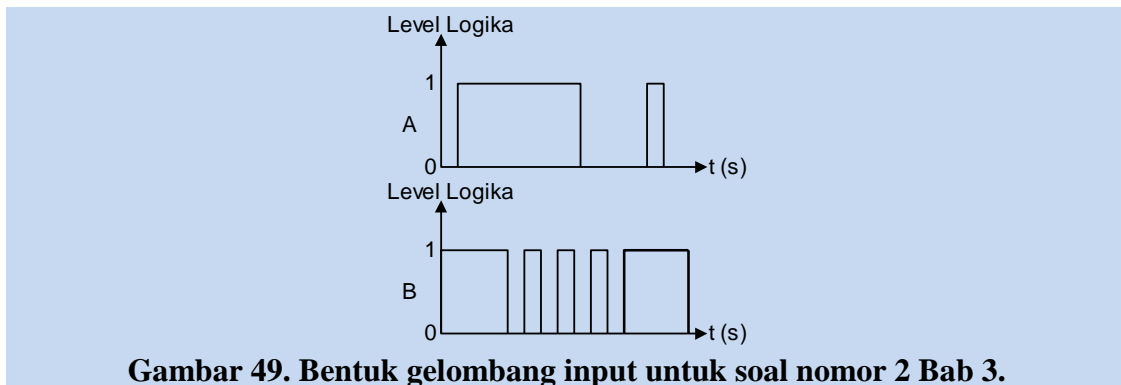


Gambar 48. Implementasi $Y=AB+CD$ dengan gerbang NAND

Terlihat bahwa dengan menggunakan gerbang NAND saja, implementasi $Y=AB+CD$ cukup menggunakan 3 buah gerbang NAND atau 1 buah IC 7400. Untuk membuktikan bahwa kedua implementasi tersebut memiliki watak yang sama, lakukan percobaan berikut ini!

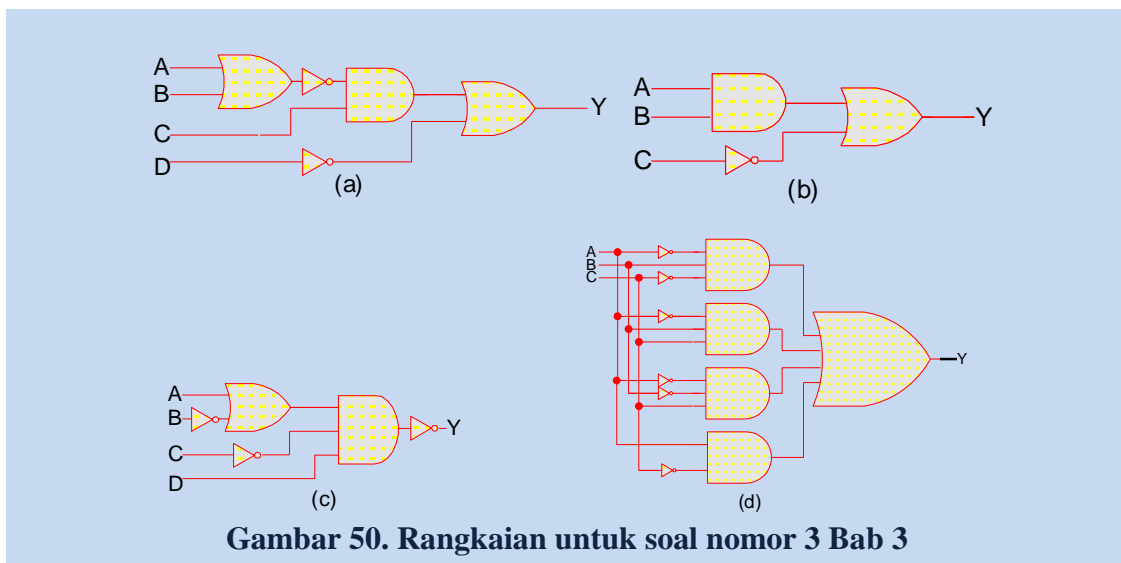
I. Soal Latihan

- Susun tabel kebenaran rangkaian logika dengan tiga input yakni A (MSB), B, dan C (LSB) dan satu output yakni Y yang memberikan keadaan output bernilai tinggi jika:
 - input A dan input B berbeda!
 - input A dan C sama!
 - input B dan C berbeda!
- Perhatikan bentuk gelombang input berikut ini!



Gambarkan bentuk gelombang outputnya jika kedua input tersebut dihubungkan dengan input gerbang: OR, AND, NOR dan NAND! Gambarkan pula gelombang outputnya jika input B dihubungkan dengan input gerbang NOT.

- Gambarkan bentuk gelombang output rangkaian $Y = \bar{A} + B$ jika inputnya berbentuk gelombang kotak seperti pada gambar 49!
- Deskripsikan rangkaian berikut ini ke dalam bentuk persamaan logika!



Susun tabel kebenaran dari rangkaian pada gambar 50 (b), dan 50 (d)!

5. Implementasikan persamaan berikut ini ke dalam bentuk rangkaian logika!
 - a. $X = (A + B)(A + \bar{C})B$
 - b. $Y = \overline{ABC + \bar{A}BC + B\bar{C}}$
 - c. $Z = (A + \bar{D}) \bullet (\bar{B} + C)$
6. Susunlah rangkaian $Y = AB + C$ dengan menggunakan gerbang AND dan OR! Susun pula rangkaian hanya dengan gerbang NAND saja! Tunjukkan bahwa dalam bentuk NAND rangkaian tersebut hanya memerlukan sebuah IC 7400!
7. Dengan menggunakan gerbang AND dan OR, susunlah rangkaian $Y = (A + B)(A + C)$! Susun pula rangkaian hanya dengan menggunakan gerbang NOR saja! Tunjukkan bahwa dalam bentuk NOR rangkaian tersebut hanya memerlukan sebuah IC 7402!
8. Perhatikan rangkaian berikut ini!



Gambar 51. Rangkaian untuk soal nomor 9 Bab 3

- Ubahlah rangkaian tersebut ke dalam bentuk gerbang AND, OR, dan NOT! Susunlah tabel kebenarannya!
9. Lakukan eliminasi/penghilangan gerbang-gerbang pada gambar 51 yang membentuk operasi komplemen ganda sehingga dihasilkan rangkaian yang cukup diimplementasikan dengan sebuah IC 7400!
 10. Soal nomor 10 dan 11 adalah soal jenis pilihan ganda. Kerjakan dengan memilih satu jawaban yang paling tepat dari opsi yang tersedia. Teorema-teorema aljabar Boole yang semuanya benar di bawah ini adalah:
 - a. $A+1=1, A+A=2A, A \cdot 0=0$
 - b. $A+1=1, A+A=2A, A+0=A$
 - c. $A+1=1, A+A=A, A+0=A$
 - d. $A \cdot 1=1, A+A=A, A+1=A$
 - e. $A+1=0, A+A=A, A+1=A$
 11. Persamaan $Y = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$ menurut de Morgan sama dengan persamaan:
 - a. $Y = \overline{\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}}$
 - b. $Y = \overline{A \cdot B \cdot C}$
 - c. $Y = \overline{A + B + C}$
 - d. $Y = \overline{A + B + C}$
 - e. $Y = \overline{A \cdot B \cdot C}$

KOMPETENSI DASAR IV

1. Mahasiswa memahami dasar-dasar analisis dan perancangan logika kombinasi menggunakan Aljabar Boole
2. Mahasiswa memahami dasar-dasar analisis dan perancangan logika kombinasi menggunakan metode peta Karnaugh

TUJUAN PEMBELAJARAN IV

Agar mahasiswa dapat:

1. mendefinisikan pengertian rangkaian logika kombinasi
2. menyebutkan dan menjelaskan bentuk persamaan logika
3. menerapkan konsep Aljabar Boole untuk meminimalisasi suatu rangkaian logika
4. merancang rangkaian logika kombinasi sederhana
5. memperoleh bentuk persamaan minimum dari persamaan logika yang diketahui menggunakan metode peta Karnaugh
6. memperoleh bentuk persamaan minimum dari tabel kebenaran yang diketahui menggunakan metode peta Karnaugh
7. mengubah persamaan minimum ke dalam bentuk NOR atau NAND

GARIS BESAR MATERI IV

Logika kombinasi merupakan salah satu jenis rangkaian logika yang keadaan outputnya hanya tergantung pada kombinasi input-inputnya saja. Selain rangkaian logika kombinasi, terdapat pula rangkaian logika sekuensi yang outputnya merupakan fungsi dari keadaan output sebelumnya. Pada bagian III telah diuraikan berbagai teorema aljabar Boole yang sangat diperlukan dalam proses perancangan rangkaian logika kombinasi. Telah pula dikemukakan di muka bahwa pada tahap akhir proses perancangan rangkaian logika kombinasi akan dihasilkan persamaan logika. Dalam hal ini, setiap persamaan logika yang akan diimplementasikan perlu diuji terlebih dahulu bentuk minimumnya. Implementasi persamaan logika ke dalam bentuk rangkaian logika pada dasarnya dapat dilakukan jika persamaannya sudah dalam bentuk minimum. Tahap minimalisasi rangkaian logika diperlukan agar diperoleh rangkaian dengan watak yang sama namun dengan jumlah gerbang yang paling sedikit. Rangkaian dengan jumlah gerbang yang paling sedikit akan lebih murah harganya, dan dari segi tata letak komponennya akan lebih sederhana. Bagian ini akan memperkenalkan kepada anda metode pengujian bentuk minimum dari persamaan logika maupun prosedur minimalisasi rangkaian logika dengan menggunakan aljabar Boole.

Selain dengan aljabar Boole, pengujian bentuk minimum dan minimalisasi suatu rangkaian logika juga dapat dilakukan dengan menggunakan peta Karnaugh. Bagian ini akan memperkenalkan pula kepada anda metode peta Karnaugh untuk pengujian bentuk minimum dan minimalisasi suatu rangkaian logika.

Rangkaian logika dianggap memiliki bentuk minimum jika jumlah gerbang-gerbang penyusunnya paling sedikit. Selain itu, suatu rangkaian dapat dianggap minimum jika gerbang-gerbang penyusunnya terdiri hanya satu jenis saja. Melalui bagian ini anda akan diperkenalkan juga metode konversi suatu bentuk persamaan logika ke dalam bentuk NAND saja atau NOR saja agar dapat diperoleh suatu rangkaian logika yang implementasinya hanya menggunakan satu jenis gerbang saja.

BAB IV RANGKAIAN LOGIKA KOMBINASI

Logika kombinasi merupakan rangkaian logika yang outputnya hanya tergantung pada kombinasi input-inputnya saja, dan tidak tergantung pada keadaan output sebelumnya atau rangkaian logika yang outputnya tidak tergantung pada waktu.

A. Bentuk-bentuk Persamaan Logika

1. Bentuk *Sum of Product* (SOP)

SOP merupakan persamaan logika yang berbentuk operasi OR dari suku-suku berbentuk operasi AND.

Contoh:

$$X = \overline{A}\overline{B}C + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + ABC \quad \text{persamaan (6)}$$

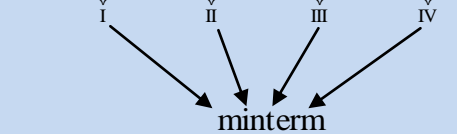
$$Y = A\overline{B} + \overline{A}B \quad \text{persamaan (7)}$$

$$P = A\overline{B}C + \overline{A}B + B\overline{C} + \overline{A} \quad \text{persamaan (8)}$$

$$Q = \overline{A}B + \overline{B}C + \overline{A}\overline{C} \quad \text{persamaan (9)}$$

Persamaan (6) dan persamaan (7) merupakan contoh SOP bentuk standar karena setiap sukunya mengandung semua variabel input yang ada, sedangkan persamaan (8) dan persamaan (9) contoh SOP bentuk tak standar karena tidak setiap sukunya mengandung semua variabel input.

Pada bentuk SOP standar, setiap sukunya dinamakan *minterm*, disingkat dengan m (huruf kecil). Perhatikan fungsi X berikut ini:

$$X = \underbrace{\overline{A}\overline{B}C}_I + \underbrace{A\overline{B}\overline{C}}_{II} + \underbrace{A\overline{B}C}_{III} + \underbrace{ABC}_{IV}$$


Minterm bersifat unik, yakni untuk semua kombinasi input yang ada hanya terdapat satu kombinasi saja yang menyebabkan suatu *minterm* bernilai 1. Misal jika terdapat input A=0, B=0, dan C=1 maka hanya terdapat sebuah *minterm* yang bernilai 1 yakni:

$$\overline{A}\overline{B}C = \overline{001} = 1.1.1 = 1.$$

Dengan demikian untuk suatu input yang memberikan nilai 1 pada salah satu *minterm* yang ada, fungsi SOP standar selalu bernilai 1. Karena pasangan input yang menyebabkan output bernilai 1 adalah 001 maka minterm tersebut yakni suku I dinamakan minterm 1 (m_1).

Jadi, fungsi X dapat ditulis:

$$X = \underbrace{\bar{A}\bar{B}C}_{m_1} + \underbrace{\bar{A}B\bar{C}}_{m_4} + \underbrace{A\bar{B}\bar{C}}_{m_6} + \underbrace{ABC}_{m_7} \rightarrow \text{Cara Penulisan I} \quad \text{persamaan (10)}$$

$$X = m_1 + m_4 + m_6 + m_7$$

$$X(A,B,C) = \sum m(1,4,6,7) \rightarrow \text{Cara Penulisan II} \quad \text{persamaan (11)}$$

Perhatikan bahwa fungsi X akan bernilai 1 untuk input-input yang bernilai desimal 1, 4, 6, dan 7, sesuai dengan nama-nama *minterm* penyusunnya. Dengan demikian tabel kebenaran untuk fungsi X adalah:

Tabel 15. Tabel kebenaran fungsi $X = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + ABC$

INPUT			OUTPUT
A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	1 $\rightarrow m_1 = \bar{A}\bar{B}C$
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1 $\rightarrow m_4 = \bar{A}B\bar{C}$
1	0	1	0
1	1	0	1 $\rightarrow m_6 = A\bar{B}\bar{C}$
1	1	1	1 $\rightarrow m_7 = ABC$

2. Bentuk *Product of Sum* (POS)

POS merupakan persamaan logika berbentuk operasi AND dari suku-suku berbentuk operasi OR.

Contoh:

$$R = (\bar{A} + \bar{B} + C)(A + B + \bar{C})(A + \bar{B} + C)(\bar{A} + B + C) \quad \text{persamaan (12)}$$

$$S = (\bar{A} + \bar{B})(A + B) \quad \text{persamaan (13)}$$

$$T = (\bar{A} + \bar{B} + C)(\bar{A} + B + C)(A + \bar{C}) \quad \text{persamaan (14)}$$

$$U = (A + B)(B + \bar{C})(\bar{A} + \bar{C}) \quad \text{persamaan (15)}$$

Persamaan (12) dan persamaan (13) merupakan POS standar karena setiap sukunya mengandung semua variabel input yang ada, sedangkan persamaan (14) dan persamaan (15) adalah POS tak standar karena setiap sukunya mengandung semua variabel input.

Pada bentuk POS standar, setiap sukunya dinamakan *maxterm*, disingkat dengan M (huruf besar). Perhatikan fungsi R berikut ini:

$$R = (\bar{A} + \bar{B} + C)(A + B + \bar{C})(A + \bar{B} + C)(\bar{A} + B + C)$$

Seperti halnya *minterm*, *maxterm* juga bersifat unik. Dalam hal ini, untuk semua kombinasi input hanya terdapat satu kombinasi saja yang menyebabkan suatu *maxterm* bernilai 0. Misal jika terdapat input $A=1$, $B=1$, dan $C=0$ maka hanya terdapat sebuah *maxterm* yang bernilai 0 yakni:

$$\bar{A} + \bar{B} + C = \bar{1} + \bar{1} + 0 = 0 + 0 + 0 = 0.$$

Jadi, untuk suatu input yang memberikan nilai 0 pada salah satu *maxterm* yang ada, fungsi POS standar selalu bernilai 0. Karena pasangan input yang menyebabkan output bernilai 0 salah satunya adalah 110 maka *maxterm* tersebut yakni suku I dinamakan *maxterm* 6 (M_6). Jadi R dapat ditulis:

$$R = (\bar{A} + \bar{B} + C)(A + B + \bar{C})(A + \bar{B} + C)(\bar{A} + B + C) \rightarrow \text{Cara penulisan I}$$

persamaan (16)

$$R = M_6 \cdot M_1 \cdot M_2 \cdot M_4$$

$$R(A,B,C) = \prod M(1,2,4,6) \rightarrow \text{Cara penulisan II}$$

persamaan (17)

Tabel kebenaran untuk R dapat disusun dengan mudah sebagai berikut:

Tabel 16. Tabel kebenaran fungsi $R = (\bar{A} + \bar{B} + C)(A + B + \bar{C})(A + \bar{B} + C)(\bar{A} + B + C)$

INPUT			OUTPUT
A	B	C	R
0	0	0	1
0	0	1	0 $\rightarrow M_1 = A + B + \bar{C}$
0	1	0	0 $\rightarrow M_2 = A + \bar{B} + C$
0	1	1	1
1	0	0	0 $\rightarrow M_4 = \bar{A} + B + C$
1	0	1	1
1	1	0	0 $\rightarrow M_6 = \bar{A} + \bar{B} + C$
1	1	1	1

B. Mengubah Fungsi Bentuk Tak Standar Menjadi Bentuk Standar

Jika suatu persamaan logika bentuk SOP Tak Standar ingin diubah menjadi bentuk SOP Standar, maka dapat dilakukan dengan cara seperti contoh berikut ini:

Ubahlah fungsi:

a. $Y = A \bar{B} \bar{C} + \bar{B} C$

b. $Y = A B + \bar{C}$

menjadi bentuk standar!

Jawab:

a. $Y = A \bar{B} \bar{C} + \bar{B} C$

$$Y = A \bar{B} \bar{C} + \bar{B} C(A + \bar{A}) \text{ Ingat : } A + \bar{A} = 1$$

$$Y = A \bar{B} \bar{C} + A \bar{B} C + \bar{A} \bar{B} C$$

$$Y(A, B, C) = \sum m(1, 4, 5)$$

b. $Y = A B + \bar{C}$

$$Y = A B(C + \bar{C}) + \bar{C}(B + \bar{B})(A + \bar{A})$$

$$Y = A B C + A B \bar{C} + (\bar{B} C + \bar{B} \bar{C})(A + \bar{A})$$

$$Y = A B C + \underbrace{A B \bar{C} + A \bar{B} \bar{C}}_{A B \bar{C}} + \bar{A} B \bar{C} + A \bar{B} \bar{C} + \bar{A} \bar{B} \bar{C}$$

$$Y = A B C + A B \bar{C} + \bar{A} B \bar{C} + A \bar{B} \bar{C} + \bar{A} \bar{B} \bar{C}$$

$$Y(A, B, C) = \sum m(0, 2, 4, 6, 7)$$

C. Memperoleh Persamaan Bentuk Standar dari Tabel Kebenaran

Contoh: tuliskan persamaan logika bentuk SOP Standar dan POS Standar yang diperoleh dari tabel kebenaran berikut ini!

Tabel 17. Tabel kebenaran yang akan ditentukan persamaan logikanya

INPUT		OUTPUT
A	B	Y
0	0	0 $\rightarrow M_0 = A + B$
0	1	1 $\rightarrow m_1 = \bar{A} B$
1	0	1 $\rightarrow m_2 = A \bar{B}$
1	1	0 $\rightarrow M_3 = \bar{A} + \bar{B}$

Dari tabel 17, persamaan logika yang diperoleh adalah:

a. Bentuk SOP Standar :

$$Y = m_1 + m_2$$

$$Y = \bar{A} B + A \bar{B}$$

$$Y(A, B) = \sum m(1, 2)$$

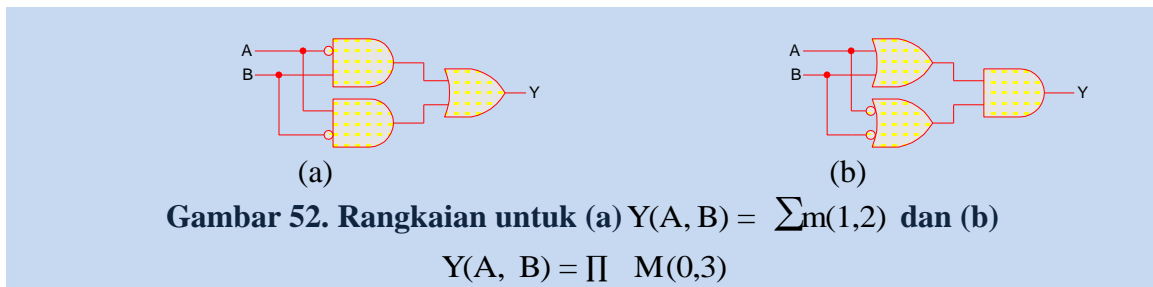
b. Bentuk POS Standar :

$$Y = M_0 \cdot M_3$$

$$Y = (A + B)(\bar{A} + \bar{B})$$

$$Y(A, B) = \prod M(0, 3)$$

Rangkaian untuk kedua bentuk tersebut adalah:



D. Penyederhanaan Secara Aljabar

Untuk mempermudah proses implementasi rangkaian logika, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengasumsikan bahwa setiap rangkaian logika memiliki bentuk yang tidak efisien, selanjutnya dilakukan pengujian bentuk minimumnya, jika belum minimum diteruskan dengan penyederhaan, dan akhirnya diimplementasikan.

Contoh:

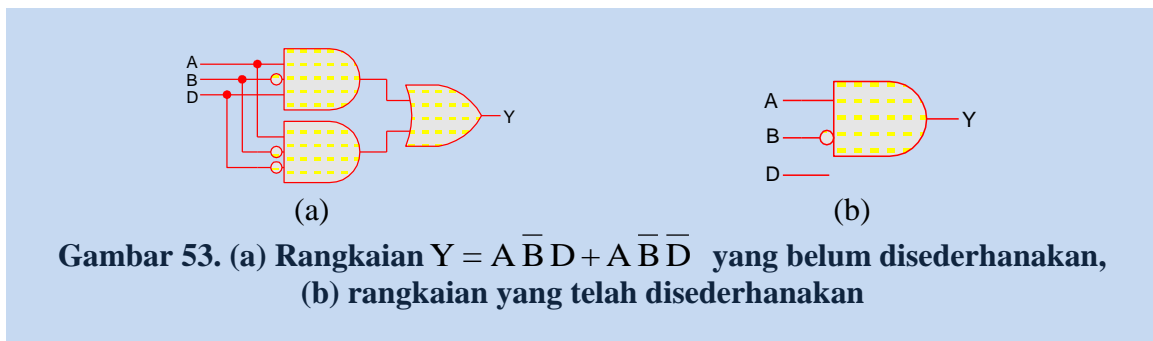
1. Sederhanakan persamaan $Y = A \bar{B} D + A \bar{B} \bar{D}$!

Jawab : $Y = A \bar{B} D + A \bar{B} \bar{D}$

$$= A \bar{B}(D + \bar{D})$$

$$\therefore Y = A \bar{B} \quad \text{Ingat : } D + \bar{D} = 1$$

Rangkaiannya adalah:



Perhatikan bahwa persamaan Y dimanipulasi sedemikian rupa sehingga sukunya mengandung faktor $(D + \bar{D})$. Faktor tersebut dapat dieliminasi atau dihilangkan karena menurut teorema komplemen (teorema 7), faktor $(D + \bar{D})$ bernilai 1. Hal ini merupakan

salah satu cara minimalisasi rangkaian dengan Aljabar Boole yakni dengan mengarahkan persamaan agar mengandung faktor seperti pada teorema 7.

Untuk membuktikan watak kedua rangkaian itu sama, disusun tabel kebenaran keduanya sebagai berikut.

Tabel 18. Table kebenaran $Y = A \bar{B} D + A \bar{B} \bar{D}$ dan $Y = A \bar{B}$

INPUT			OUTPUT TIAP GERBANG				OUTPUT	
A	B	D	\bar{B}	\bar{D}	$A \bar{B} D$	$A \bar{B} \bar{D}$	$Y = A \bar{B} D + A \bar{B} \bar{D}$	$Y = A \bar{B}$
0	0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	0	1	1
1	1	0	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0

2. Sederhanakan persamaan $X = (\bar{A} + B)(A + B)$!

Jawab : $X = (\bar{A} + B)(A + B)$

$$= \bar{A} A + \bar{A} B + B A + B B$$

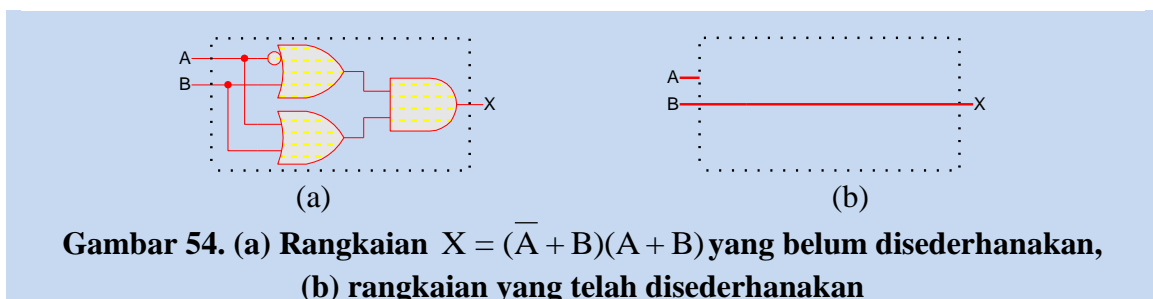
$$= 0 + \bar{A} B + B A + B \quad \text{ingat} \quad \bar{A} A = 0, \text{ dan } B B = B$$

$$= \bar{A} B + A B + B$$

$$= B(A + \bar{A} + 1)$$

$$\therefore X = B \quad \text{ingat} \quad A + \bar{A} + 1 = 1$$

Rangkaiannya:



Pada contoh 2 ditunjukkan bahwa persamaan dimanipulasi sedemikian rupa sehingga sukunya mengandung faktor $(A + \bar{A} + 1)$. Berdasarkan teorema 1 atau teorema satu dan nol, faktor tersebut bernilai 1 sehingga dapat dieliminasi.

3. Sederhanakan persamaan $Z = ACD + \bar{A}BCD$!

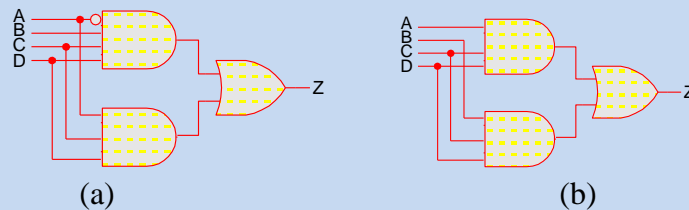
Jawab : $Z = ACD + \bar{A}BCD$

$$= CD(A + \bar{A}B)$$

$$= CD(A + B) \quad \text{ingat } A + \bar{A}B = A + B$$

$$\therefore Z = ACD + BCD$$

Rangkaiannya:



Gambar 55. (a) Rangkaian $Z = ACD + \bar{A}BCD$ yang belum disederhanakan, (b) rangkaian yang telah disederhanakan

Pada contoh 3, persamaan diarahkan agar sukunya mengandung faktor berbentuk $(A + \bar{A}B)$. Menurut teorema absorpsi atau teorema 18, faktor $(A + \bar{A}B)$ sama dengan $(A+B)$.

4. Sederhanakan persamaan $Y = \overline{(\bar{A} + C)(B + \bar{D})}$!

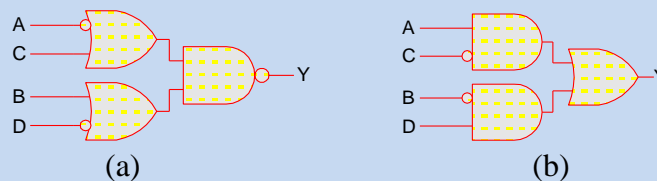
Jawab : $Y = \overline{(\bar{A} + C)(B + \bar{D})}$

$$= \overline{(\bar{A} + C)} + \overline{(B + \bar{D})} \quad \text{ingat teorema de Morgan}$$

$$= (\bar{\bar{A}} \cdot \bar{C}) + (\bar{B} \cdot \bar{\bar{D}}) \quad \text{ingat teorema de Morgan}$$

$$\therefore Y = A\bar{C} + \bar{B}\bar{D}$$

Rangkaiannya:



Gambar 56. (a) Rangkaian $Y = \overline{(\bar{A} + C)(B + \bar{D})}$ yang belum disederhanakan, (b) rangkaian yang telah disederhanakan

5. Sederhanakan persamaan $Z = ABC + \overline{A}\overline{B}(\overline{A}\overline{C})$!

Jawab : $Z = ABC + \overline{A}\overline{B}(\overline{A}\overline{C})$

$Z = ABC + \overline{A}\overline{B}(\overline{A} + \overline{C})$ ingat teorema de Morgan!

$Z = ABC + \overline{A}\overline{B}(A + C)$ ingat operasi komplemen ganda!

$Z = ABC + \overline{A}\overline{B}A + \overline{A}\overline{B}C$

$Z = ABC + \overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{B}C$ ingat teorema idempoten $AA = A$

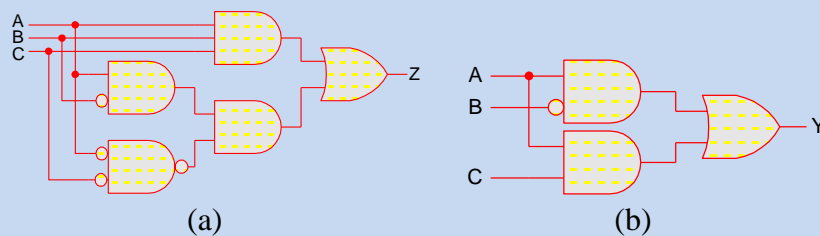
$Z = \overline{A}\overline{B} + (\overline{A}\overline{B}C + ABC)$

$Z = \overline{A}\overline{B} + AC(\overline{B} + B)$

$Z = \overline{A}\overline{B} + AC$ ingat $\overline{B} + B = 1$

$\therefore Z = A(\overline{B} + C)$

Rangkaianannya:



Gambar 57. (a) Rangkaian $Z = ABC + \overline{A}\overline{B}(\overline{A}\overline{C})$ yang belum disederhanakan, (b) rangkaian yang telah disederhanakan

6. Sederhanakan fungsi $Y = ABC + ABC + \overline{A}\overline{B}C$!

Jawab :

Cara I: $Y = ABC + ABC + \overline{A}\overline{B}C$

$= AB(C + \overline{C}) + \overline{A}\overline{B}C$

$= AB(1) + \overline{A}\overline{B}C$ ingat teorema komplemen : $C + \overline{C} = 1$

$= AB + \overline{A}\overline{B}C$

$= A(B + \overline{B}C)$

$= A(B + C)$ ingat teorema distributif : $B + \overline{B}C = B + C$

$\therefore Y = AB + AC$

Cara II: $Y = ABC + ABC + \overline{A}\overline{B}C$

$= ABC + \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}\overline{B}C + ABC$ ingat teorema idempoten : $ABC + ABC = ABC$

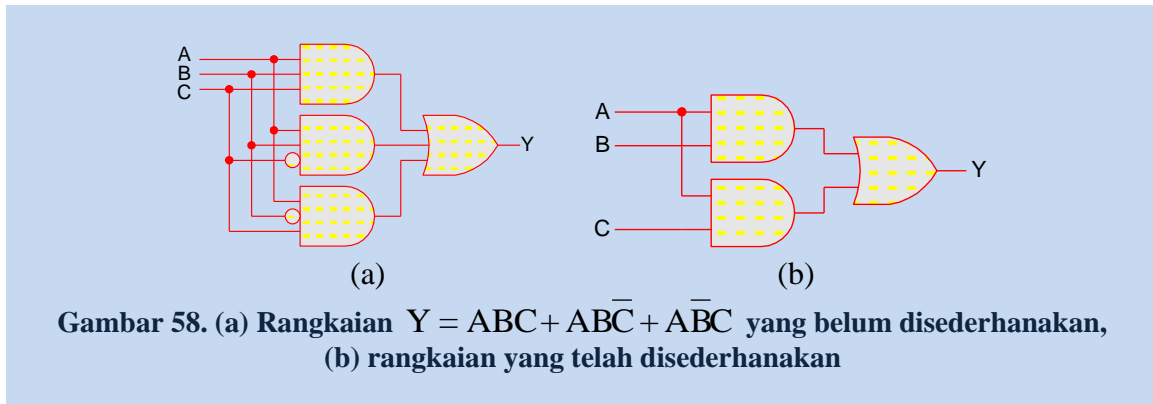
$= (ABC + \overline{A}\overline{B}C) + (\overline{A}\overline{B}C + ABC)$

$= AB(C + \overline{C}) + AC(\overline{B} + B)$

$= AB(1) + AC(1)$ ingat teorema komplemen $\overline{B} + B = 1$ dan $C + \overline{C} = 1$

$\therefore Y = AB + AC$ atau $Y = A(B + C)$

Rangkaiannya:



E. Metode Peta Karnaugh

1. Memperoleh Bentuk Minimum dari Persamaan yang Diketahui

Langkah pertama cara memperoleh bentuk minimum dari persamaan logika menggunakan metode Peta Karnaugh (Peta-K) adalah dengan memastikan bahwa persamaan tersebut dalam bentuk standar.

Contoh: Sederhanakan fungsi $Y = \bar{A}BC + A\bar{B}C + ABC + B\bar{C}$ dengan menggunakan Aljabar Boole dan Peta Karnaugh!

Jawab:

Dengan menggunakan Aljabar Boole:

$$Y = \bar{A}BC + A\bar{B}C + ABC + B\bar{C}$$

$$Y = \bar{A}BC + A\bar{B}C + ABC + B\bar{C} + ABC$$

$$Y = (\bar{A}BC + ABC) + (A\bar{B}C + ABC) + B\bar{C}$$

$$Y = BC(\bar{A} + A) + AC(\bar{B} + B) + B\bar{C}$$

$$Y = BC(1) + AC(1) + B\bar{C}$$

$$Y = BC + AC + B\bar{C}$$

$$Y = AC + (BC + B\bar{C})$$

$$Y = AC + B(C + \bar{C})$$

$$Y = AC + B(1)$$

$$Y = AC + B$$

persamaan (18)

Dengan metode Peta Karnaugh:

- a. **Langkah pertama:** memastikan bahwa persamaan yang akan disederhanakan berbentuk standar. Perhatikan bahwa bentuk persamaannya adalah SOP yang tidak standar yakni $Y = \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}C + ABC + B\overline{C}$. Persamaan tersebut perlu distandarkan terlebih dahulu menjadi:

$$Y = \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}C + ABC + B\overline{C}$$

$$Y = \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}C + ABC + B\overline{C}(A + \overline{A})$$

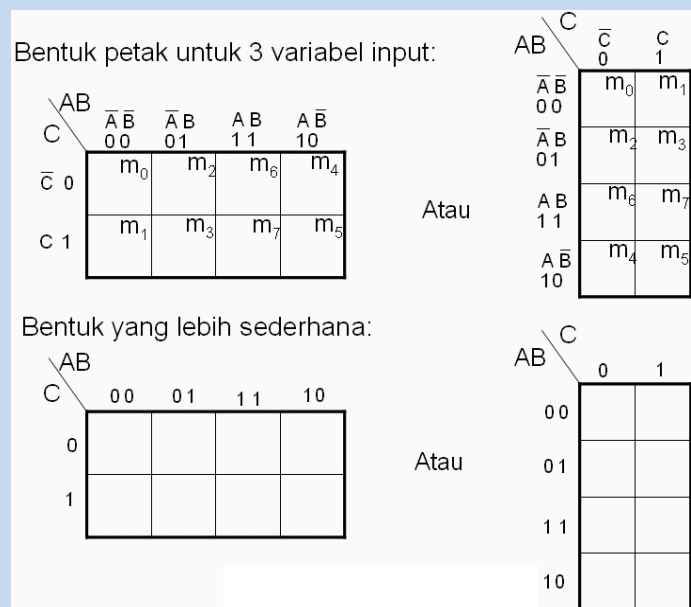
$$Y = \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}C + ABC + AB\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$$

$$Y = m_3 + m_5 + m_7 + m_6 + m_2$$

$$Y(A,B,C) = \sum m(2,3,5,6,7)$$

persamaan (19)

- b. **Langkah kedua:** menyusun petak-petak sebanyak 2^n dengan n adalah jumlah variabel input.



Gambar 59. Bentuk petak pada Peta Karnaugh untuk 3 variabel input

- c. **Langkah ketiga:** memasukkan *minterm* persamaan ke dalam petak-petak yang sesuai.

		AB			
		00	01	11	10
C	0	0	1	1	0
	1	0	1	1	1

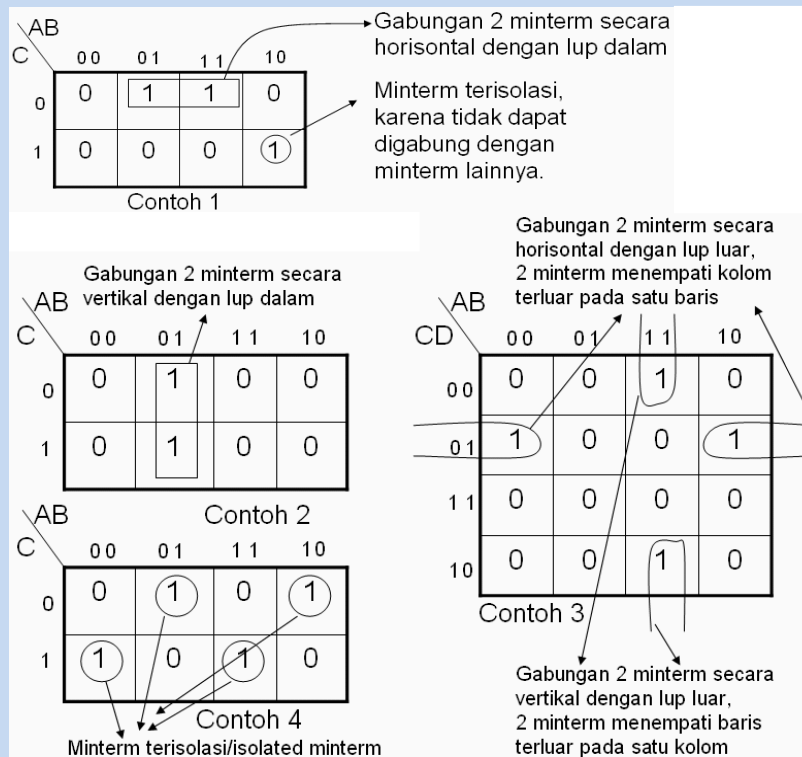
Atau

		AB	
		0	1
C	00	0	0
	01	1	1
	11	1	1
	10	0	1

Gambar 60. Peta Karnaugh untuk persamaan $Y(A,B,C) = \sum m(2,3,5,6,7)$

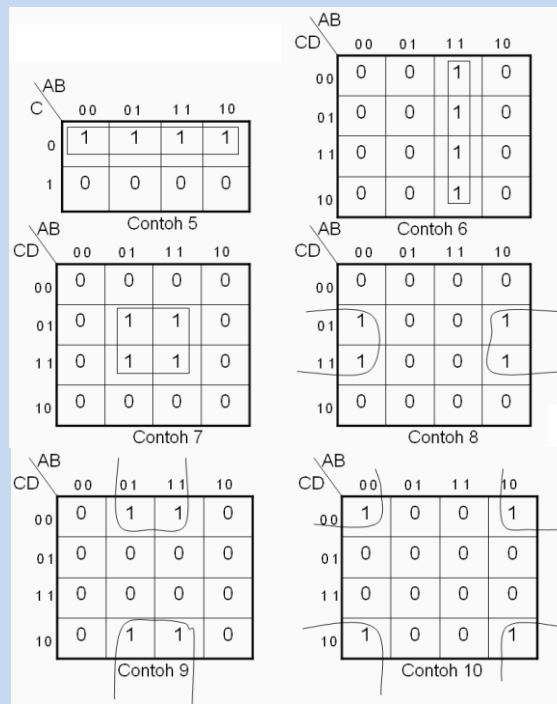
- d. **Langkah keempat:** memberi tanda lup (kalang) pada setiap *minterm* yang terisolasi.

1) Gabungan 2 minterm



Gambar 61. Contoh gabungan dua minterm dan minterm terisolasi

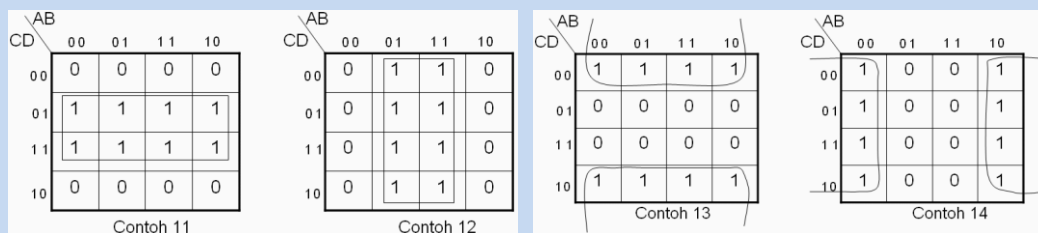
2) Gabungan 4 minterm (Quad)



Gambar 62. Contoh peta Karnaugh yang mengandung *Quad*

3) Gabungan 8 minterm (Octet)

Gabungan 8 minterm dapat ditemukan pada contoh 11, contoh 12, contoh 13, dan contoh 14 pada gambar berikut ini.



Gambar 63. Contoh peta Karnaugh yang mengandung *Octet*

- e. **Langkah kelima:** memberi tanda lup pada *minterm* yang hanya dapat bergabung dengan 1 *minterm* lainnya (gabungan dua *minterm*).

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Gambar 64. Tanda lup untuk gabungan dua minterm

f. **Langkah keenam:** memberi tanda lup pada gabungan empat *minterm*.

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Gambar 65. Tanda lup untuk gabungan empat minterm

- g. **Langkah ketujuh:** memberi tanda lup pada gabungan 8-*minterm*. Pada contoh tersebut tidak terdapat *octet*.
- h. **Langkah kedelapan:** membuang variabel-variabel yang berbeda dan menggunakan variabel-variabel yang sama sebagai suku persamaan dari gabungan *minterm* yang diperoleh. Untuk *minterm* yang terisolasi, suku persamaannya tetap tidak mengalami reduksi.
- i. **Langkah kesembilan:** membentuk persamaan minimum dengan cara melakukan operasi OR terhadap suku-suku persamaan yang diperoleh dari gabungan *minterm*.

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

AB \ C		0	1
		0	1
C	0	0	1
	1	0	1

Buang!

Atau

||
||
||

2. Memperoleh Bentuk Minimum dari Tabel Kebenaran

Susunlah rangkaian yang paling minimum dari tabel kebenaran berikut ini!

Tabel 19. Tabel kebenaran contoh penyederhanaan fungsi dengan peta Karnaugh

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

$$\begin{aligned} m_1 &= \bar{A}\bar{B}C \\ m_2 &= \bar{A}B\bar{C} \\ m_3 &= \bar{A}BC \\ m_5 &= A\bar{B}C \\ m_7 &= ABC \end{aligned}$$

Jawab:

Dari tabel 19 dapat diperoleh persamaan SOP standar:

$$Y(A,B,C) = \sum m(1,2,3,5,7) \quad \text{persamaan (21)}$$

Peta Karnaugh untuk fungsi Y yang diperoleh dari tabel kebenaran tersebut adalah:

	AB	00	01	11	10
C	0	0	1	0	0
	1	1	1	1	1

Gambar 67. Peta Karnaugh untuk persamaan (21)

Dari peta-K tersebut terlihat bahwa fungsi Y belum minimum, dan masih dapat disederhanakan menjadi:

$$Y = \bar{A}B + C \quad \text{persamaan (22)}$$

3. Kondisi Diabaikan (Don't Care Condition)

Rangkaian-rangkaian logika yang telah dipelajari di muka hampir semuanya selalu memberikan output 1 atau 0 untuk suatu kombinasi input yang diberikan. Selain itu, terdapat pula rangkaian logika dengan beberapa kombinasi input yang dalam kenyataannya tidak pernah ada. Contoh untuk rangkaian-rangkaian logika dengan input kode BCD, inputnya hanya ada 10 kombinasi yakni 0000 sampai dengan 1001, karena kode BCD memang hanya merepresentasikan bilangan desimal yang memiliki nilai 0 sampai dengan 9. Dengan kata lain, terdapat 6 buah kombinasi input yang tidak pernah

ada yakni 1010 sampai dengan biner 1111. Untuk rangkaian yang input-inputnya tidak pernah ada, outputnya tidak dinyatakan dalam nilai 1 atau 0 melainkan diberi tanda X yang berarti keadaan diabaikan (*don't care condition*). Tabel 20 berikut ini menunjukkan watak rangkaian detektor bilangan prima dengan input kode BCD.

**Tabel 20. Contoh tabel kebenaran yang mengandung keadaan diabaikan:
Detektor Bilangan Prima Dengan Input Kode BCD**

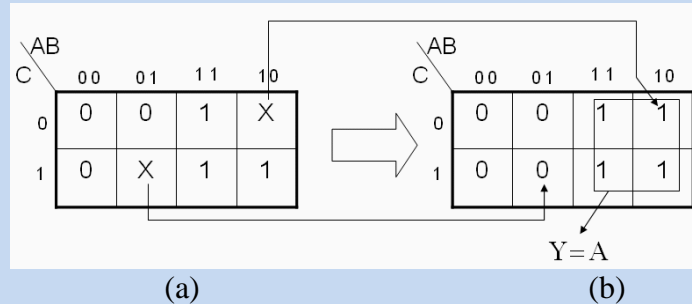
INPUT				OUTPUT
A	B	C	D	Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	X
1	0	1	1	X
1	1	0	0	X
1	1	0	1	X
1	1	1	0	X
1	1	1	1	X

Contoh lain dari tabel kebenaran yang mengandung keadaan diabaikan ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 21. Contoh lain tabel kebenaran dengan kondisi diabaikan

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	X
1	0	0	X
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Peta Karnaugh untuk tabel 21 ditunjukkan pada gambar 68. Pada peta Karnaugh yang mengandung kondisi diabaikan, X dapat dipilih bernilai 0 atau 1. Pemilihan nilai X dilakukan sedemikian rupa sehingga dari peta Karnaugh tersebut dapat diperoleh persamaan yang paling sederhana.



Gambar 68. Peta Karnaugh untuk tabel 21

F. Bentuk NAND dan NOR Rangkaian Logika

Persamaan yang diperoleh melalui penyederhanaan baik menggunakan aljabar Boole maupun peta Karnaugh umumnya dalam bentuk SOP (AND-OR) atau bentuk POS (OR-AND). Contoh persamaan (20) yakni $Y = AC + B$ adalah bentuk SOP hasil penyederhanaan dari persamaan $Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC + \overline{B}\overline{C}$. Selain dalam hal jumlah gerbang, penyederhanaan rangkaian logika juga dapat dilakukan dengan mengarahkan agar rangkaian hanya terdiri dari satu jenis gerbang saja. Gerbang NAND dan NOR memiliki sifat universal sehingga semua rangkaian logika dapat disusun hanya dengan gerbang NAND saja atau NOR saja. Cara mengubah bentuk SOP ke dalam bentuk NAND dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Pastikan bahwa persamaan dalam bentuk SOP
2. Lakukan operasi komplemen ganda
3. Berlakukan teorema de Morgan

Contoh: Ubahlah $Y = \overline{A}B + C$ menjadi bentuk NAND!

Jawab:

$$Y = \overline{A} B + C \rightarrow \text{sudah dalam bentuk SOP}$$

$$Y = \overline{\overline{A} B + C} \rightarrow \text{operasi komplemen ganda}$$

$$Y = (\overline{A} B) \cdot (\overline{C}) \rightarrow \text{de Morgan} \quad \text{persamaan (23)}$$


 Bentuk NAND dari $Y = \overline{A} B + C$

Sedangkan untuk mengubah bentuk SOP atau POS ke dalam bentuk NOR saja dapat dilakukan dengan cara:

1. Pastikan bahwa persamaan dalam bentuk POS
2. Lakukan operasi komplemen ganda
3. Berlakukan teorema de Morgan

Contoh: Ubahlah $Y = \overline{A} B + C$ menjadi bentuk NOR!

Jawab:

$$Y = \overline{A} B + C \rightarrow \text{masih berbentuk SOP}$$

Diubah menjadi POS:

$$Y = (\overline{A} + C)(B + C) \rightarrow \text{bentuk POS} \quad \text{persamaan (24)}$$

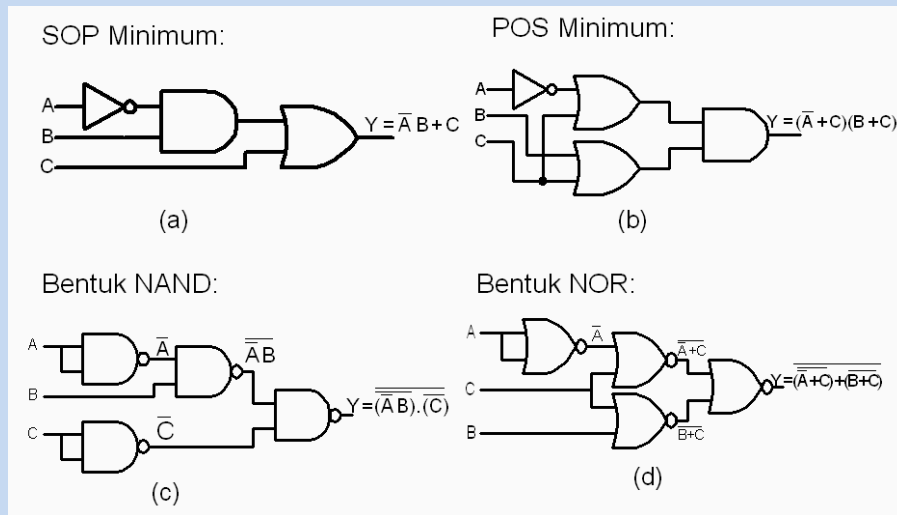
$$Y = \overline{\overline{(\overline{A} + C)(B + C)}} \rightarrow \text{operasi komplemen ganda}$$

$$Y = (\overline{\overline{A} + C}) + (\overline{B + C}) \rightarrow \text{de Morgan}$$

persamaan (25)


 Bentuk NOR dari $Y = \overline{A} B + C$

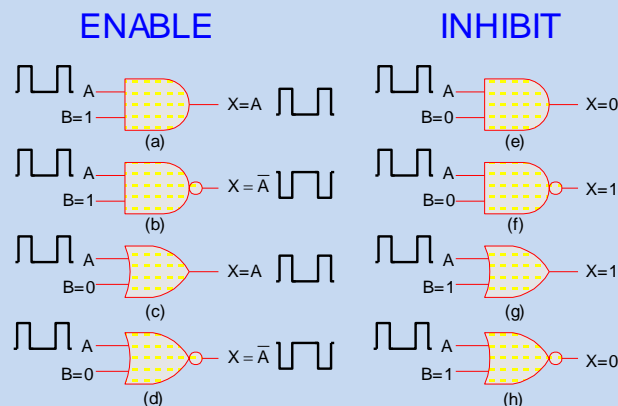
Dengan demikian, penyederhanaan fungsi $Y = \overline{A} B C + \overline{A} \overline{B} C + A B C + B \overline{C}$ menghasilkan 4 bentuk rangkaian yakni bentuk SOP seperti pada persamaan (20), bentuk POS pada persamaan (24), bentuk NAND pada persamaan (23), dan bentuk NOR pada persamaan (25). Implementasi dari rangkaian-rangkaian tersebut dapat digambarkan dalam bentuk rangkaian logika seperti pada gambar 69. Jika dilihat dari IC yang dibutuhkan, implementasi bentuk NAND dan NOR akan memberikan tingkat efisiensi yang tinggi karena keduanya, masing-masing hanya memerlukan satu buah IC saja.



Gambar 69. Implementasi Persamaan Logika Dalam Bentuk SOP minimum, POS minimum, NAND, dan NOR

G. Rangkaian *Enable* dan *Inhibit*

Dalam implementasinya, rangkaian logika kadang kala perlu dilengkapi dengan rangkaian pengontrol yang berfungsi untuk meneruskan atau menghambat inputnya. Susunan gerbang yang memberikan fungsi meneruskan inputnya dinamakan rangkaian *enable*, dan susunan gerbang yang menyebabkan suatu input tidak dapat diteruskan dinamakan rangkaian *inhibit*.

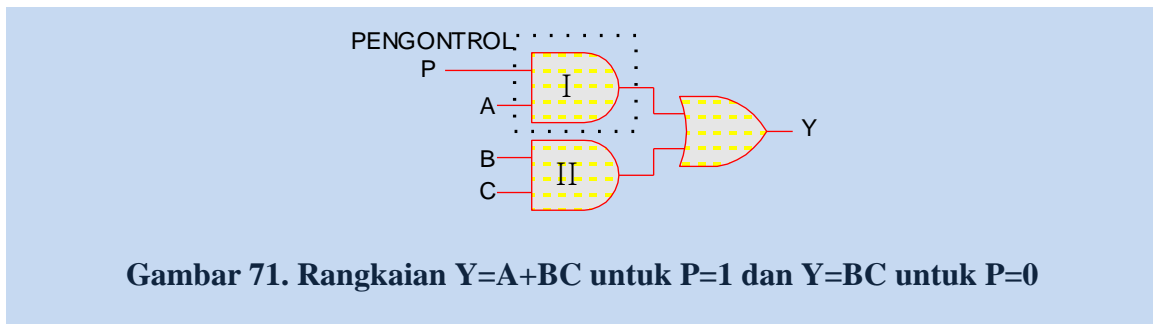


Gambar 70. Rangkaian *enable* dan *inhibit*

Perhatikan contoh aplikasi dari rangkaian *enable* dan *inhibit* berikut ini! Rancanglah rangkaian yang dapat melakukan operasi $Y=A+BC$ untuk pengontrol P bernilai tinggi ($P=1$) dan operasi $Y=BC$ untuk pengontrol P yang bernilai rendah ($P=0$).

Jawab:

Disusun terlebih dahulu rangkaian $Y=A+BC$. Selanjutnya, pada input A diberi rangkaian *enable* dan *inhibit* menggunakan gerbang AND.

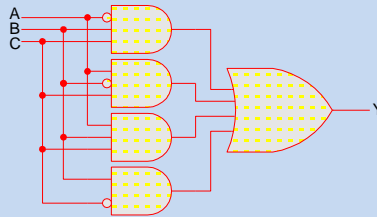


Jika P bernilai tinggi ($P=1$) maka akan terjadi keadaan *enable* yakni input A diteruskan ke output gerbang AND I sehingga output Y merupakan fungsi $Y=A+BC$. Namun, jika $P=0$, gerbang AND I bersifat *inhibit* dan output gerbang AND I bernilai rendah, sehingga output rangkaian merupakan fungsi $Y=BC$.

H. Soal Latihan

1. Jelaskan pengertian *sum of product*, *standard sum of product*, *product of sum*, *standard product of sum*, *minterm* dan *maxterm*! Berikan contoh dari masing-masing pengertian tersebut!
2. Tuliskan persamaan SOP Standar dan POS Standar yang dihasilkan dari tabel kebenaran suatu rangkaian yang memberikan output 1 jika inputnya merupakan bilangan prima 3-bit!
3. Persamaan-persamaan berikut ini mana yang tidak termasuk bentuk SOP dan kemukakan alasannya:
 - a. $W = R\overline{S}\overline{T} + \overline{R}\overline{S}\overline{T} + \overline{T}$
 - b. $X = \overline{A}\overline{D}\overline{C} + \overline{A}DC$
 - c. $Y = M\overline{N}\overline{P} + (M + \overline{N})P$
 - d. $Z = AB + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}D$

4. Tuliskan persamaan SOP Standar dan POS Standar dari rangkaian yang menghasilkan persamaan SOP Tak Standar berikut ini:



Gambar 72. Rangkaian untuk soal nomor 4 Bab IV

5. Susunlah tabel kebenaran dari persamaan berikut ini:
- $X(A,B,C) = \sum m(5,6,7)$
 - $Y(K,L,M,N) = \sum m(7,8,9,10)$
 - $Z(A,B,C,D) = \sum m(1,15)$
 - $P(W,X,Y,Z) = \sum m(0,1,4,5,10,11,14,15)$
 - $Q(X_1,X_2,X_3) = \prod M(1,3,5,7)$
 - $R(A,B,C,D) = \prod M(0,2,4,10,12,14)$
 - $S(X_1,X_2,X_3,X_4) = \prod M(2,3,7,9,15)$
6. Susun persamaan pada soal nomor 5 dalam bentuk penulisan cara II!
7. Susun persamaan berikut ini dalam bentuk penulisan cara I:
- $Y = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} B \overline{C} + A \overline{B} \overline{C} + ABC$
 - $Z = \overline{X}_1 \overline{X}_2 X_3 \overline{X}_4 + \overline{X}_1 X_2 X_3 \overline{X}_4 + X_1 X_2 X_3 X_4$
 - $S = \overline{K} L M \overline{N} + K L M N$
 - $T = \overline{W} \overline{X} \overline{Y} \overline{Z} + \overline{W} X \overline{Y} Z + \overline{W} X Y \overline{Z} + W \overline{X} \overline{Y} Z + W X \overline{Y} \overline{Z} + W X Y \overline{Z} + W X Y Z$
 - $U = (A + B + C)(A + \overline{B} + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(\overline{A} + B + \overline{C})(\overline{A} + \overline{B} + C)$
 - $W = (\overline{A} + \overline{B} + C + D)(A + B + \overline{C} + \overline{D})$
 - $X = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4)(Y_1 + \overline{Y}_2 + Y_3 + Y_4)(Y_1 + \overline{Y}_2 + \overline{Y}_3 + \overline{Y}_4)(\overline{Y}_1 + Y_2 + \overline{Y}_3 + Y_4)$
8. Ubahlah bentuk persamaan logika berikut ini menjadi bentuk standar!
- $X = A + BC$
 - $Y = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} B \overline{C} + \overline{B} \overline{C}$
 - $Z = (A + \overline{B})(\overline{A} + C)$

9. Tulislah persamaan logika bentuk SOP standar dan POS standar yang diperoleh dari tabel kebenaran berikut ini!

Tabel 22

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

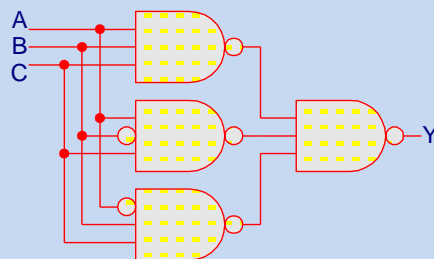
Tabel 23

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

10. Sederhanakan fungsi berikut ini dengan menggunakan aljabar Boole:

- $X = \overline{A}C(\overline{A}BD) + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + \overline{A}BC$
- $Y = (\overline{A} + B)(A + B + D)\overline{D}$
- $Z = \overline{A}BC + \overline{A}BD + \overline{C}D$
- $X = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}BC + \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}BC$
- $Y = (B + \overline{C})(\overline{B} + C) + \overline{A} + B + \overline{C}$
- $Z = (\overline{C} + \overline{D}) + \overline{A}CD + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}CD$

11. Perhatikan rangkaian berikut ini:

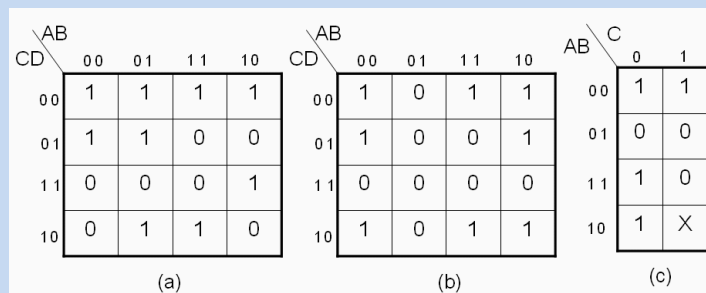


Gambar 73. Rangkaian untuk soal nomor 11 Bab IV

Tulislah persamaan output rangkaian pada gambar 73, dan sederhanakan persamaan tersebut dengan menggunakan aljabar Boole!

12. Sederhanakan persamaan $X = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}BC + \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + AC$ dengan peta Karnaugh! Susunlah persamaan yang sudah sederhana tersebut ke dalam bentuk NAND saja dan NOR saja! Gambarkan semua bentuk rangkaian yang telah disederhanakan tersebut!

13. Ubahlah persamaan $Y = (A + \overline{B})(A + C)$ ke dalam bentuk NAND saja dan ke dalam bentuk NOR saja! Gambarkan ketiga bentuk rangkaian tersebut!
14. Sederhanakan dengan menggunakan peta Karnaugh persamaan yang dihasilkan dari gambar 73! Bandingkan hasilnya dengan jawaban soal nomor 11!
15. Sederhanakan fungsi standar yang dihasilkan dari tabel 22 dan tabel 23 menggunakan peta Karnaugh dan gambarkan rangkaian hasil penyederhanaannya!
16. Perhatikan peta Karnaugh berikut ini!



Gambar 74. Peta Karnaugh untuk soal nomor 16 Bab IV

Tentukan bentuk minimum dari peta Karnaugh pada gambar 74 (a), (b), dan (c)!

17. Dengan menggunakan rangkaian *enable* dan *inhibit*, rancanglah rangkaian logika dengan input A, pengontrol B, dan output X dan Y yang beroperasi:
 - a. Ketika B=0, output X mengikuti input A, dan output Y bernilai 0
 - b. Ketika B=1, output X akan bernilai 0, dan output Y akan mengikuti A.
18. Untuk soal nomor 18 dan 19, pilih satu jawaban yang paling tepat dari pilihan yang ada! Bentuk paling sederhana dari persamaan $Y = \overline{A} \overline{B} \overline{C} + \overline{A} B \overline{C} + A \overline{B} \overline{C} + A \overline{B} C + \overline{A} B C$ adalah:
 - a. $Y = \overline{A} B + \overline{C}$
 - b. $Y = AB + C$
 - c. $Y = A + \overline{B} C$
 - d. $Y = \overline{A} \overline{B} C + C$
 - e. $Y = A + BC$
19. Bentuk NAND dari persamaan pada soal nomor 18 yang paling tepat adalah:
 - a. $Y = \overline{\overline{A} \bullet \overline{B} C}$
 - b. $Y = \overline{\overline{A} B \bullet C}$
 - c. $Y = \overline{\overline{A} \overline{B} \bullet \overline{C}}$
 - d. $Y = \overline{\overline{A} \bullet \overline{B} C}$
 - e. $Y = \overline{\overline{A} B \bullet C}$

KOMPETENSI DASAR V

1. Mahasiswa memahami watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi mencakup komparator, *half adder*, dan *full adder*
2. Mahasiswa dapat memahami watak dan cara kerja modul-modul logika kombinasi multiplexer, demultiplexer, enkoder dan dekoder

TUJUAN PEMBELAJARAN V

1. mendefinisikan pengertian rangkaian komparator (XOR dan XNOR), half adder, full adder, multiplexer, demultiplexer, enkoder dan dekoder
2. menyusun tabel kebenaran dan persamaan logika dari rangkaian komparator (XOR dan XNOR), half adder, full adder, multiplexer, demultiplexer, enkoder dan dekoder
3. menggambarkan rangkaian komparator (XOR dan XNOR), half adder, full adder, multiplexer, demultiplexer, enkoder dan dekoder dalam bentuk SOP, POS, NAND, NOR serta simbol
4. menjelaskan cara kerja rangkaian komparator (XOR dan XNOR), half adder, full adder, multiplexer, demultiplexer, enkoder dan dekoder
5. menyebutkan seri IC TTL XOR, XNOR, full adder, multiplexer, demultiplexer, enkoder dan dekoder serta menggambarkan susunan pin yang tersedia

GARIS BESAR MATERI V

Pada bagian ini akan dibahas beberapa rangkaian logika kombinasi yang disediakan dalam bentuk rangkaian terpadu atau *integrated circuits* (IC). Rangkaian-rangkaian kombinasi itu antara lain pembanding atau komparator, penjumlah (*adder*), *multiplexer*, *demultiplexer*, *encoder* dan *decoder*. Penjelasan tentang rangkaian-rangkaian tersebut dilakukan dengan mendefinisikan terlebih dahulu watak dari setiap rangkaian yang akan dipelajari. Selanjutnya, berdasarkan definisi disusun tabel kebenaran dan dari tabel kebenaran diturunkan persamaan logikanya dan akhirnya dideskripsikan implementasinya atau bentuk rangkaiannya. Dengan cara tersebut diharapkan Anda dapat memperoleh kemudahan di dalam mempelajari rangkaian-rangkaian logika kombinasi.

Rangkaian logika kombinasi pertama yang akan dipelajari adalah komparator 1-bit. Komparator merupakan rangkaian logika yang berfungsi membandingkan keadaan input-inputnya. Komparator jenis *non-equality* akan memberikan output tinggi jika keadaan input-inputnya berbeda dan komparator jenis *equality* akan memberikan output tinggi jika keadaan input-inputnya sama. Rangkaian komparator sangat penting peranannya di dalam perancangan rangkaian logika kombinasi karena digunakan sebagai landasan pembangunan rangkaian *adder*, dan rangkaian *adder* merupakan dasar dari rangkaian aritmetika yang terdapat di dalam sistem komputer digital. Melalui bagian ini Anda akan diperkenalkan dengan kedua jenis komparator tersebut.

Rangkaian kedua yang akan dipelajari adalah penjumlah (*adder*). Terdapat dua jenis penjumlah yakni *half adder* dan *full adder*. *Half adder* merupakan penjumlah yang tidak menyertakan bawaan sebelumnya, sedangkan *full adder* adalah penjumlah yang menyertakan bawaan sebelumnya. Penjelasan bagian ini dimulai dari rangkaian *adder* 1-bit dan diakhiri dengan penjelasan *full adder* paralel n-bit yang merupakan dasar bagi pengembangan rangkaian aritmetika.

Melalui bagian ini anda akan diperkenalkan juga dengan rangkaian *multiplexer* dan *demultiplexer*. Rangkaian *multiplexer* berfungsi memilih data digital yang ada pada inputnya untuk diteruskan ke outputnya, sedangkan *demultiplexer* berfungsi mendistribusikan data digital yang ada pada inputnya ke salah satu dari beberapa saluran output yang tersedia.

Data yang akan dikirim dari satu lokasi ke lokasi yang lain dalam suatu rangkaian/sistem digital perlu disandikan atau dikodekan terlebih dahulu. Bagian ini akan memperkenalkan pula kepada Anda rangkaian *encoder* yang berfungsi membangkitkan kode dari suatu data yang ada. Demikian pula ketika kode tersebut ingin dibaca diperlukan pengubah kode. Anda juga akan diperkenalkan dengan rangkaian *decoder* yang berfungsi mengubah suatu kode menjadi data aslinya.

Bagian akhir dari bab ini akan menjelaskan implementasi berbagai rangkaian logika kombinasi dengan menggunakan IC *multiplexer* dan *decoder*.

BAB V LOGIKA KOMBINASI DALAM KEMASAN IC

A. Komparator

Komparator biner merupakan rangkaian logika yang berfungsi membandingkan keadaan logika input-inputnya. Jenis komparator biner terdiri atas *non-equality comparator* dan *equality comparator*.

1. Non-Equality Comparator

Non-equality comparator didefinisikan sebagai rangkaian logika yang memberikan keadaan output tinggi jika keadaan input-inputnya berbeda. Berdasarkan definisi tersebut dapat disusun tabel kebenaran untuk *non-equality comparator* sebagai berikut:

**Tabel 24. Tabel kebenaran
*non-equality comparator***

INPUT		OUTPUT	
A	B	Y	
0	0	0	$M_0 = A + B$
0	1	1	$m_1 = \bar{A} B$
1	0	1	$m_2 = A \bar{B}$
1	1	0	$M_3 = \bar{A} + \bar{B}$

		A	
		0	1
B	0	0	1
	1	1	0

**Gambar 75. Peta Karnaugh
*non-equality comparator***

Persamaan output dari *non-equality comparator* dalam bentuk SOP minimum adalah

$$Y = \bar{A} B + A \bar{B}$$

$$Y(A, B) = \sum m(1, 2) \quad \text{persamaan (26)}$$

dan dalam bentuk POS minimum adalah

$$Y = (A + B)(\bar{A} + \bar{B})$$

$$Y(A, B) = \prod M(0, 3) \quad \text{persamaan (27)}$$

Dengan melakukan operasi komplemen ganda dan memberlakukan teorema de Morgan terhadap persamaan (26) dan persamaan (27) maka dapat diperoleh bentuk NAND dan NOR. Bentuk NAND diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y &= \overline{A} B + A \overline{B} \\
 Y &= \overline{\overline{\overline{A} B + A \overline{B}}} \\
 Y &= \overline{\overline{A} B} \cdot \overline{A \overline{B}}
 \end{aligned}$$

persamaan (28)

Sedangkan bentuk NOR diperoleh dengan cara:

$$\begin{aligned}
 Y &= (A + B)(\overline{A} + \overline{B}) \\
 Y &= \overline{\overline{(A + B)(\overline{A} + \overline{B})}} \\
 Y &= \overline{(A + B)} + \overline{(\overline{A} + \overline{B})}
 \end{aligned}$$

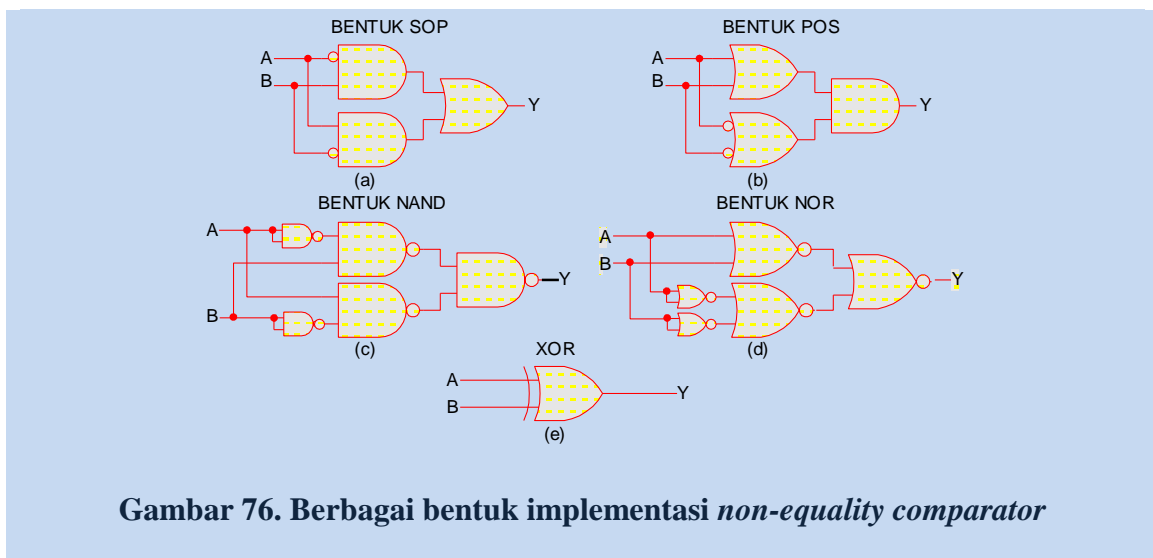
persamaan (29)

Kecuali dapat diimplementasikan dengan bentuk SOP, POS, NAND, dan NOR, *non-equality comparator* juga dapat diimplementasikan dengan gerbang *exclusive-OR* (EXOR atau XOR). Simbol gerbang XOR ditunjukkan pada gambar 76 (e), dan persamaan logikanya adalah:

$$Y = A \oplus B$$

persamaan (30)

Implementasi *non-equality comparator* dalam berbagai bentuk ditunjukkan pada gambar 76 berikut ini.



Jika dicermati tabel kebenarannya (tabel 24), kecuali membentuk fungsi sebagai komparator, output gerbang XOR juga membentuk fungsi sebagai detektor jumlah ganjil. Coba susun tabel kebenaran rangkaian detektor jumlah ganjil dengan 3-input, bagaimana bentuk rangkaianannya?

Jawab:

Disusun terlebih dahulu tabel kebenaran seperti ditunjukkan pada tabel 25 dan peta Karnaugh seperti pada gambar 76b.

Tabel 25. Tabel kebenaran detektor jumlah ganjil 3 input

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

C \ AB				
	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	1	0

Gambar 76b. Peta Karnaugh detektor jumlah ganjil 3 input

Dari peta Karnaugh terlihat bahwa semua *minterm* yang ada terisolasi, sehingga jika diimplementasikan dengan SOP bentuknya adalah SOP standar sebagai berikut:

$$Y = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + ABC$$

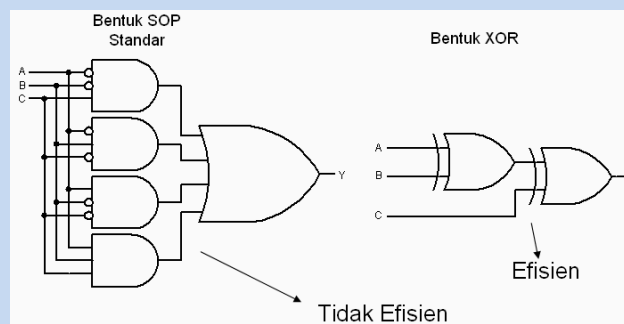
$$Y = \sum m(1,2,4,7)$$

persamaan (31)

dan hal ini merupakan implementasi yang tidak efisien. Oleh karena tabel kebenarannya membentuk fungsi detektor jumlah ganjil, maka akan lebih efisien jika diimplementasikan dengan gerbang XOR sehingga bentuk persamaannya adalah:

$$Y = A \oplus B \oplus C$$

persamaan (32)



Gambar 77. Implementasi detektor jumlah ganjil 3-input

2. Equality Comparator

Equality comparator merupakan rangkaian logika yang memberikan keadaan output tinggi jika keadaan input-inputnya sama. Tabel kebenaran untuk rangkaian ini ditunjukkan pada tabel 26.

**Tabel 26. Tabel kebenaran
*equality comparator***

INPUT		OUTPUT	
A	B	Y	
0	0	1	$m_0 = \bar{A} \bar{B}$
0	1	0	$M_1 = A + \bar{B}$
1	0	0	$M_2 = \bar{A} + B$
1	1	1	$m_3 = A B$

		A	
		0	1
B	0	1	0
	1	0	1

**Gambar 78. Peta Karnaugh
*equality comparator***

Dari peta Karnaugh terlihat bahwa semua *minterm* yang ada terisolasi, sehingga fungsi Y yang diperoleh berbentuk standar dan sudah merupakan bentuk yang minimum. Persamaan output dalam bentuk SOP minimum dari *equality comparator* adalah

$$Y = \bar{A} \bar{B} + A B$$

$$Y(A, B) = \sum m(0, 3) \quad \text{persamaan (32)}$$

dan dalam bentuk POS minimum adalah

$$Y = (A + \bar{B})(\bar{A} + B)$$

$$Y(A, B) = \prod M(1, 2) \quad \text{persamaan (33)}$$

Dengan melakukan operasi komplemen ganda dan memberlakukan teorema de Morgan terhadap persamaan (32) dan persamaan (33) dapat diperoleh bentuk NAND dan NOR dari *equality comparator*. Bentuk NAND *equality comparator* diperoleh dengan cara sebagai berikut

$$Y = \bar{A} \bar{B} + A B$$

$$Y = \overline{\overline{\bar{A} \bar{B} + A B}}$$

$$Y = \overline{\bar{A} \bar{B}} \cdot \overline{A B} \quad \text{persamaan (34)}$$

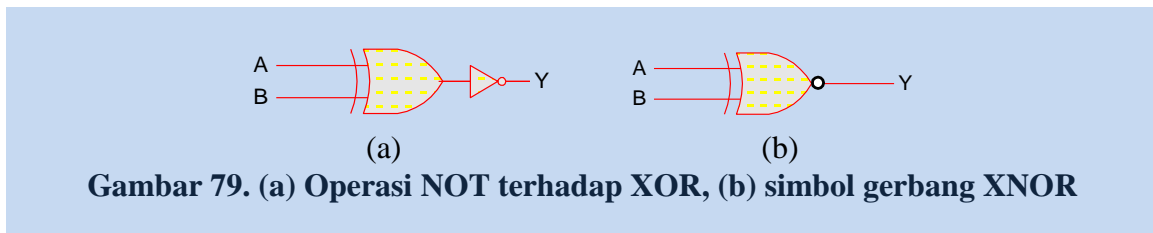
Sedangkan bentuk NOR diperoleh dengan cara

$$Y = (A + \bar{B})(\bar{A} + B)$$

$$Y = \overline{\overline{(A + \bar{B})(\bar{A} + B)}}$$

$$Y = \overline{(A + \bar{B}) + (\bar{A} + B)} \quad \text{persamaan (35)}$$

Kecuali dalam bentuk SOP, POS, NAND, dan NOR, *equality comparator* juga dapat diperoleh dengan melakukan operasi NOT terhadap rangkaian *non-equality comparator* atau operasi NOT terhadap gerbang XOR:



Bukti bahwa operasi NOT terhadap fungsi *non-equality comparator* atau operasi NOT terhadap XOR menghasilkan fungsi *equality comparator* ditunjukkan melalui operasi-operasi berikut ini:

$$Y = \overline{\overline{AB} + \overline{AB}} \rightarrow \text{Operasi NOT terhadap non-equality comparator}$$

$$Y = \overline{AB} \cdot \overline{AB}$$

$$Y = (\overline{\overline{A} + \overline{B}})(\overline{\overline{A} + \overline{B}})$$

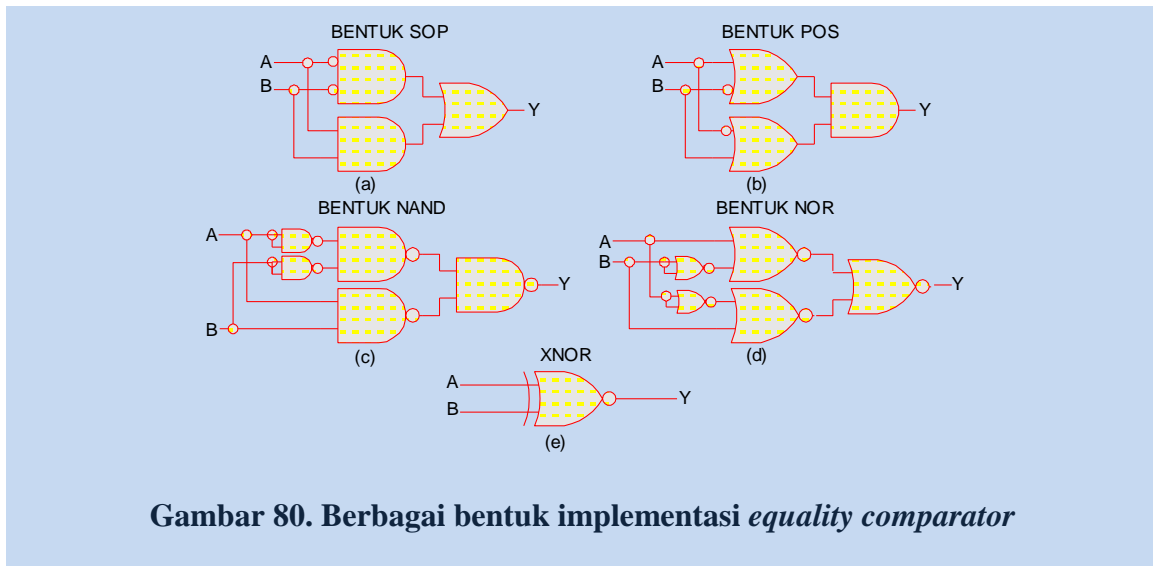
$$Y = (A + \overline{\overline{B}})(\overline{\overline{A}} + B) \rightarrow \text{Hasilnya adalah equality comparator}$$

Dalam praktek, fungsi yang dihasilkan oleh operasi NOT terhadap XOR disediakan dalam bentuk gerbang XNOR, dan simbolnya ditunjukkan pada gambar 79 (b), sedangkan persamaan logikanya adalah:

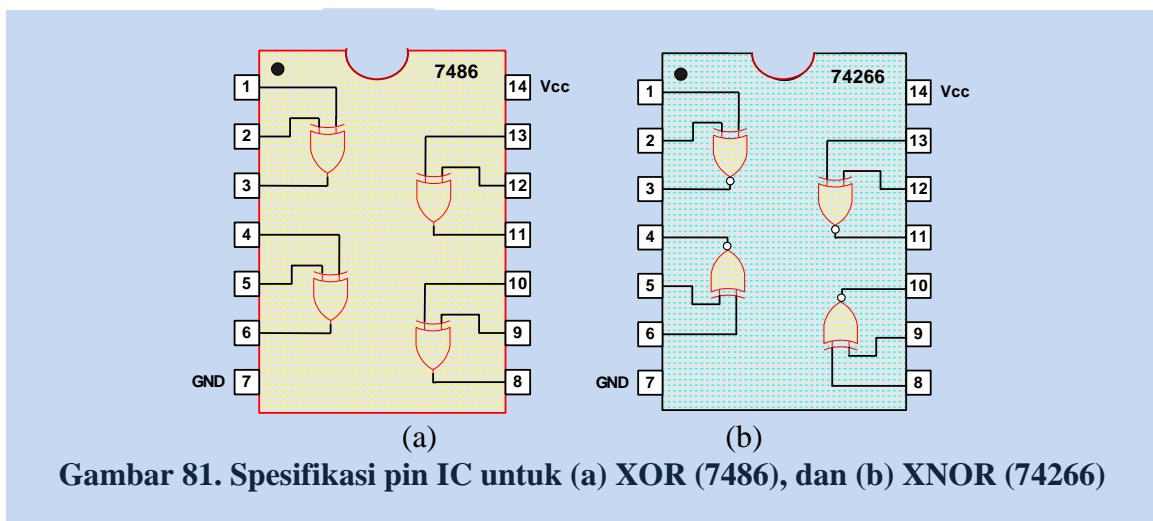
$$Y = A \odot B \quad \text{persamaan (36)}$$

Jika dicermati tabel kebenarannya, kecuali membentuk fungsi sebagai komparator, output gerbang XNOR juga membentuk fungsi sebagai detektor jumlah genap. Perhatikan tabel 26, jika jumlah pasangan inputnya genap, maka outputnya 1. Susun tabel kebenaran detektor jumlah genap untuk 3-input! Dengan menggunakan peta Karnaugh, selidiki apakah bentuk standarnya masih dapat disederhanakan? Jika tidak dapat, bagaimanakah Anda memperoleh bentuk implementasi paling efisien dari detektor jumlah genap 3-input tersebut?

Berdasarkan persamaan (32), (33), (34), (35), dan (36), *equality comparator* dapat diimplementasikan dalam bentuk-bentuk seperti ditunjukkan pada gambar 80.



Nomor seri rangkaian terpadu atau piranti IC yang menyediakan fungsi XOR 2-input adalah 7486 dan nomor seri IC untuk XNOR 2-input adalah 74266. Spesifikasi pin kedua seri IC tersebut ditunjukkan pada gambar 81.



B. Penjumlah Biner (Adder)

Penjumlah biner merupakan rangkaian logika kombinasi yang berfungsi melakukan operasi penjumlahan bilangan biner. Penjumlah biner 1-bit terdiri atas *half adder* dan *full adder*.

1. Half Adder

Half adder merupakan rangkaian penjumlah yang tidak menyertakan bawaan sebelumnya (*previous carry*) pada inputnya. Dari definisi tersebut dapat disusun tabel kebenaran sebagai berikut:

Tabel 27. Tabel kebenaran *half adder*

INPUT		OUTPUT	
A	B	S	C _n
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Keterangan:

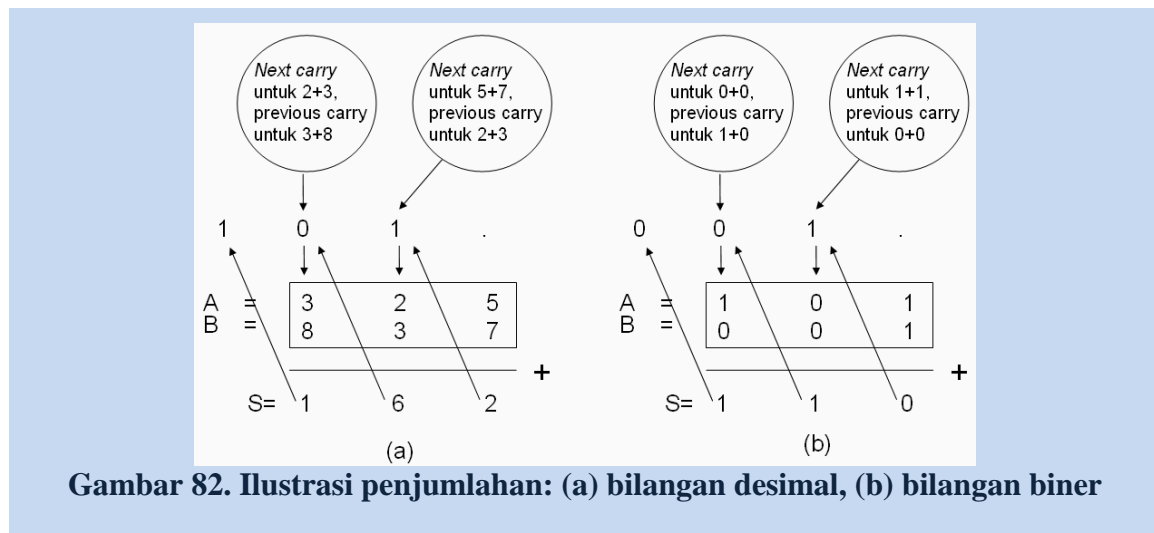
A: *Augend* (bilangan yang dijumlahkan)

B: *Addend* (bilangan penjumlah)

S: *Sum* (hasil penjumlahan)

C_n: *Next carry* (bawaan berikutnya)

Untuk memahami pengertian *previous carry* dan *next carry* coba perhatikan penjumlahan bilangan desimal dan bilangan biner berikut ini!



Gambar 82. Ilustrasi penjumlahan: (a) bilangan desimal, (b) bilangan biner

Pada gambar 82 (a) ditunjukkan penjumlahan bilangan desimal 325 dengan 837. Penjumlahan dimulai dari LSD yakni 5 ditambah 7 hasilnya 2 dengan *next carry* 1. Selanjutnya *next carry* yang dihasilkan dari 5 ditambah 7 dijumlahkan dengan 2 dan 3, hasilnya 6 dengan *next carry* 0. Dalam hal ini *next carry* yang dihasilkan dari 5 ditambah 7 merupakan *previous carry* bagi 2 ditambah 3. Seterusnya, *next carry* 0 yang dihasilkan

dari penjumlahan 2 dan 3 dijumlahkan dengan 3 dan 8 dan hasilnya adalah 1 dengan *next carry* 1. Hasil penjumlahan akhir adalah 162 dengan *next carry* 1 atau 1162.

Untuk penjumlahan bilangan biner 101 dan 001 pada gambar 134 (b) prosesnya juga dimulai dari bit dengan bobot terkecil (LSB) yakni 1 ditambah 1 hasilnya 0 dengan *next carry* 1. Dalam hal ini *next carry* yang dihasilkan dari 1 ditambah 1 merupakan *previous carry* bagi 0 ditambah 0, sehingga menghasilkan 1 dengan *next carry* 0. Selanjutnya, *next carry* 0 ditambahkan dengan penjumlahan 1 dan 0 dan hasilnya 1 dengan *next carry* 0. Hasil penjumlahan akhir adalah 110 dengan *next carry* 0.

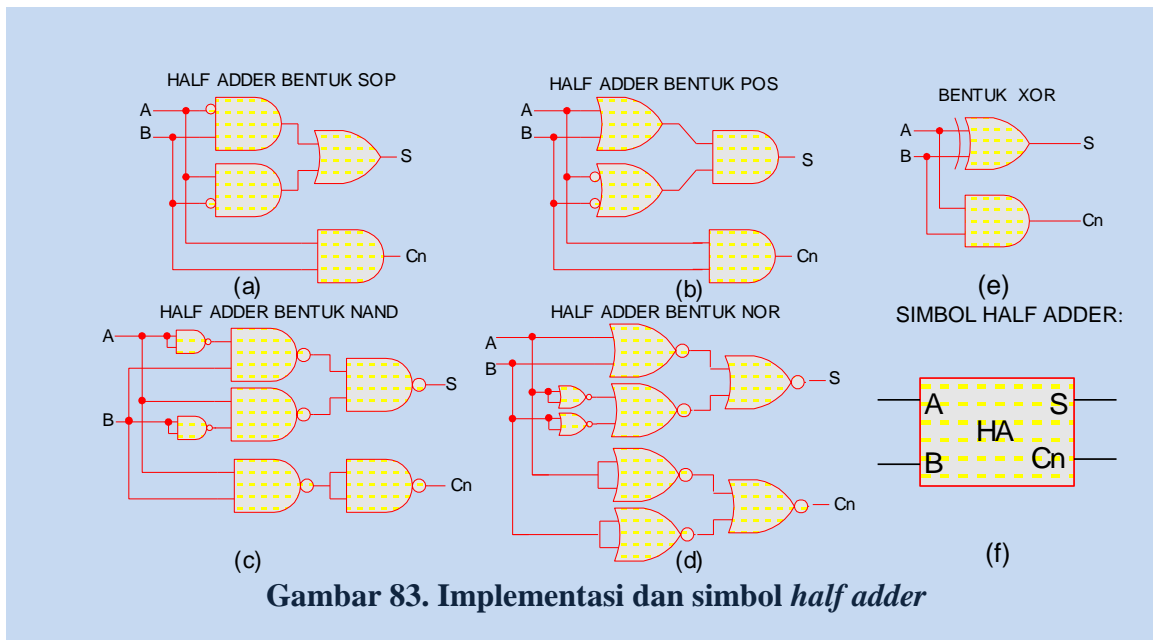
Perhatikan bahwa output S membentuk fungsi *non-equality comparator* atau XOR dan output C_n membentuk operasi AND. Jadi, persamaan output *half adder* untuk hasil penjumlahan dapat ditulis:

$$S = A \oplus B \quad \text{persamaan (37)}$$

dan untuk bawaan berikutnya:

$$C_n = AB \quad \text{persamaan (38)}$$

Pada bagian muka telah dijelaskan bahwa fungsi *non-equality comparator* dapat diimplementasikan dalam lima bentuk yakni SOP, POS, NAND, NOR, dan XOR. Oleh karena output S merupakan fungsi *non-equality comparator*, maka *half adder* juga dapat diimplementasikan ke dalam lima bentuk seperti ditunjukkan pada gambar 83.



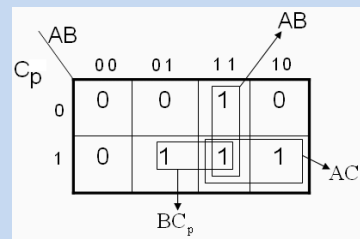
Gambar 83. Implementasi dan simbol *half adder*

2. Full Adder

Full adder adalah rangkaian penjumlah yang menyertakan bawaan sebelumnya (*previous carry*) pada inputnya. Atas dasar pengertian tersebut, tabel kebenaran *full adder* 1-bit dapat disusun sebagai berikut.

**Tabel 28. Tabel kebenaran
full adder 1-bit**

INPUT			OUTPUT	
A	B	C _p	S	C _n
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1



**Gambar 84. Peta Karnaugh
untuk C_n**

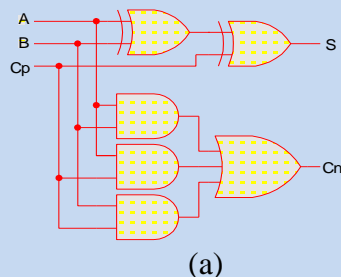
Dalam hal ini C_p adalah *previous carry* (bawaan sebelumnya). Dari tabel kebenaran terlihat bahwa output S membentuk fungsi detektor jumlah ganjil, dan di muka telah ditunjukkan bahwa fungsi tersebut dapat diimplementasikan secara efisien dengan menggunakan XOR 3-input, jadi:

$$S = A \oplus B \oplus C_p \quad \text{persamaan (39)}$$

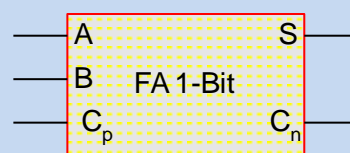
Sedangkan untuk menentukan persamaan output C_n, disusun terlebih dahulu peta Karnaugh untuk C_n seperti ditunjukkan pada gambar 84. Berdasarkan peta Karnaugh tersebut dapat diperoleh persamaan untuk C_n sebagai berikut:

$$C_n = AB + AC_p + BC_p \quad \text{persamaan (40)}$$

Berdasarkan persamaan (39) dan (40), implementasi rangkaian *full adder* 1-bit dapat dinyatakan dalam bentuk seperti pada gambar 85 (a), dan simbolnya ditunjukkan pada gambar 85 (b).



(a)



(b)

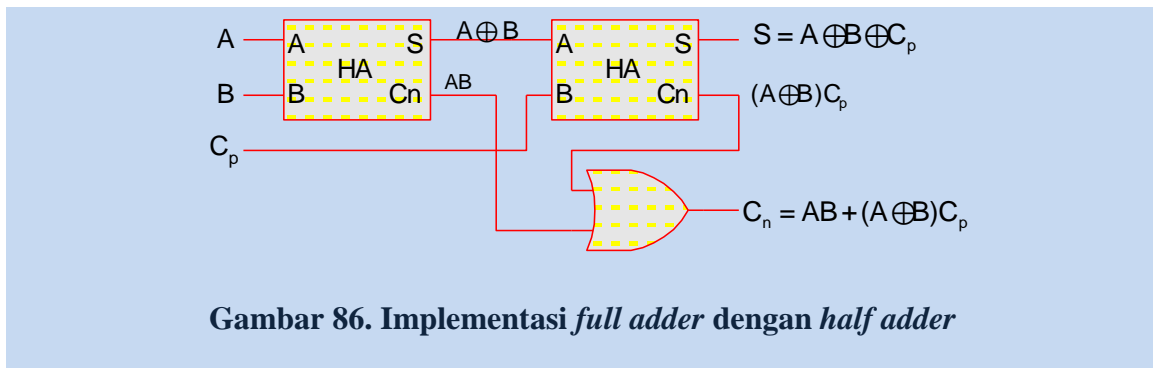
Gambar 85. Full adder: (a) implementasi dengan XOR, (b) simbol

Selain dapat diimplementasikan dengan XOR, *full adder* 1-bit juga dapat diimplementasikan dengan menggunakan *half adder*. Jika *full adder* diimplementasikan dengan *half adder*, maka persamaan output untuk S tetap seperti pada persamaan (39) yakni $S = A \oplus B \oplus C_p$, namun persamaan output untuk C_n , perlu dimodifikasi menjadi:

$$\begin{aligned}
 C_n &= AB + AC_p + BC_p \\
 &= AB + AC_p(B + \bar{B}) + BC_p(A + \bar{A}) \\
 &= AB + (ABC_p + \bar{A}BC_p) + (ABC_p + \bar{A}BC_p) \\
 &= (AB + ABC_p + \bar{A}BC_p) + (\bar{A}BC_p + \bar{A}BC_p) \\
 &= AB(1 + C_p + C_p) + (\bar{A}B + \bar{A}B)C_p \\
 &= AB(1) + (\bar{A}B + \bar{A}B)C_p \\
 &= AB + (\bar{A}B + \bar{A}B)C_p \\
 C_n &= AB + (A \oplus B)C_p
 \end{aligned}$$

persamaan (41)

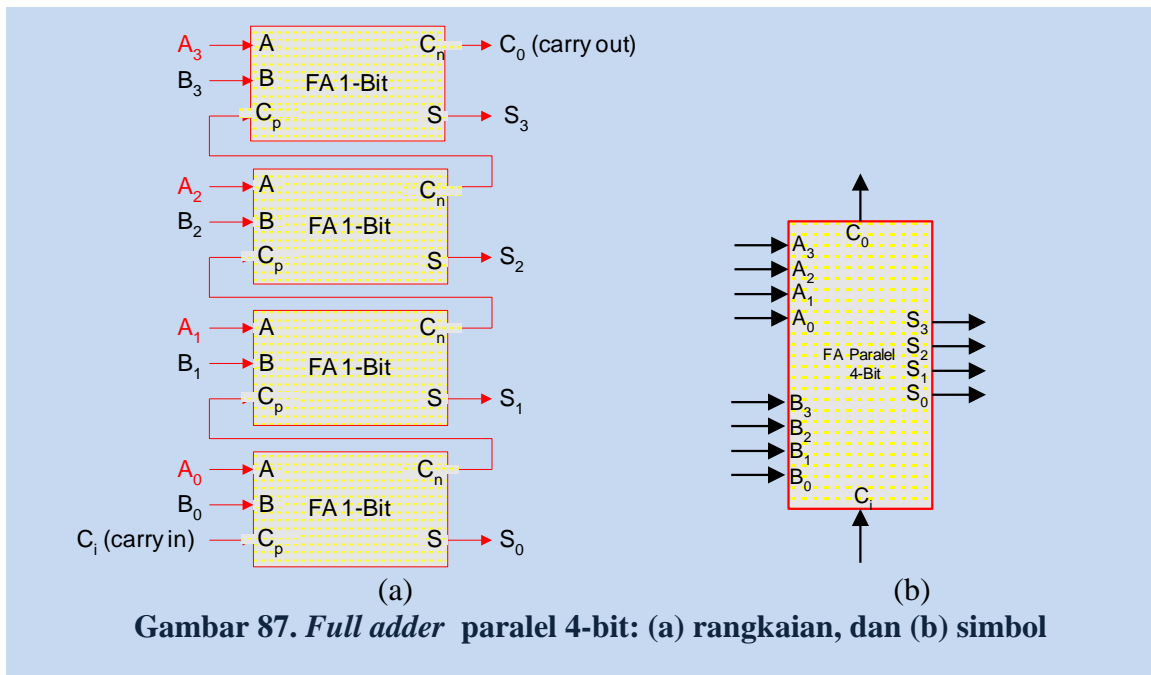
Dengan menggunakan persamaan (39) dan (41), implementasi *full adder* dengan menggunakan *half adder* dapat dideskripsikan seperti pada gambar 86.



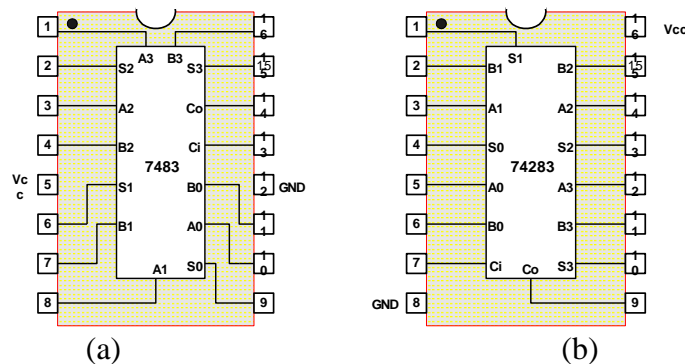
3. Full Adder Paralel

Full adder paralel merupakan rangkaian logika yang melakukan proses penjumlahan data biner n-bit. Contoh *full adder* paralel 4-bit memiliki input A_3, A_2, A_1, A_0 untuk input A, dan B_3, B_2, B_1, B_0 untuk input B serta S_3, S_2, S_1, S_0 untuk output S. Gambar 87 (a) menunjukkan *full adder* paralel 4-bit, dan gambar 87 (b) menunjukkan simbolnya. *Full adder* paralel 4-bit dibangun dengan menempatkan 4 buah *full adder* 1-bit secara berjajar misalnya dari bawah ke atas. Selanjutnya input dan output *full adder*

terbawah ditetapkan sebagai input dan output dengan bobot terkecil atau LSB yakni A_0 , B_0 , dan S_0 . Input *previous carry* (C_p) pada *full adder* terbawah ditetapkan sebagai input *carry* (C_i) dari *full adder* paralel. *Next carry* (C_n) dari setiap *full adder* 1-bit dihubungkan dengan C_p dari *full adder* 1-bit berikutnya dan seterusnya, sedangkan C_n dari *full adder* 1-bit teratas ditetapkan sebagai output *carry* (C_o) dari *full adder* paralel.



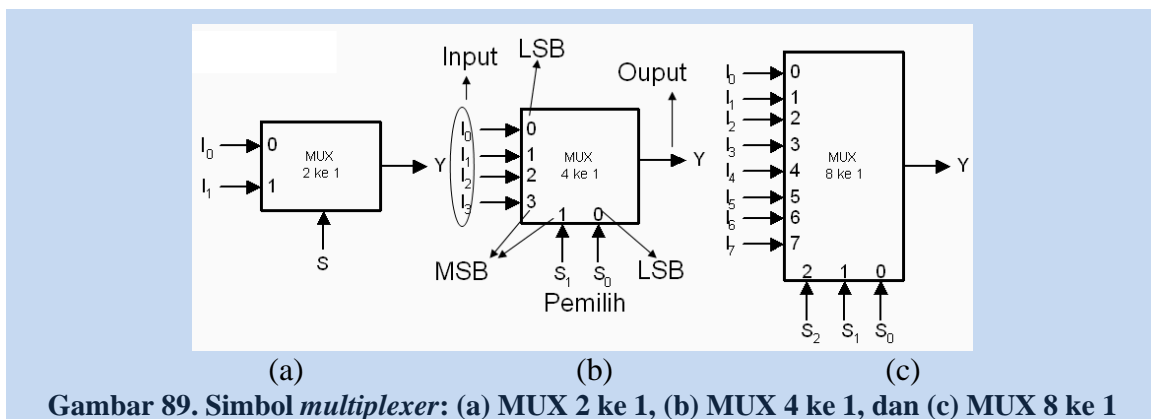
IC TTL yang menyediakan fungsi *full adder* paralel adalah seri 7483 dan seri 74283. Gambar 88 (a) menunjukkan spesifikasi pin dari IC 7483 dan gambar 88 (b) untuk seri 74283 yang merupakan *full adder* paralel 4-bit.



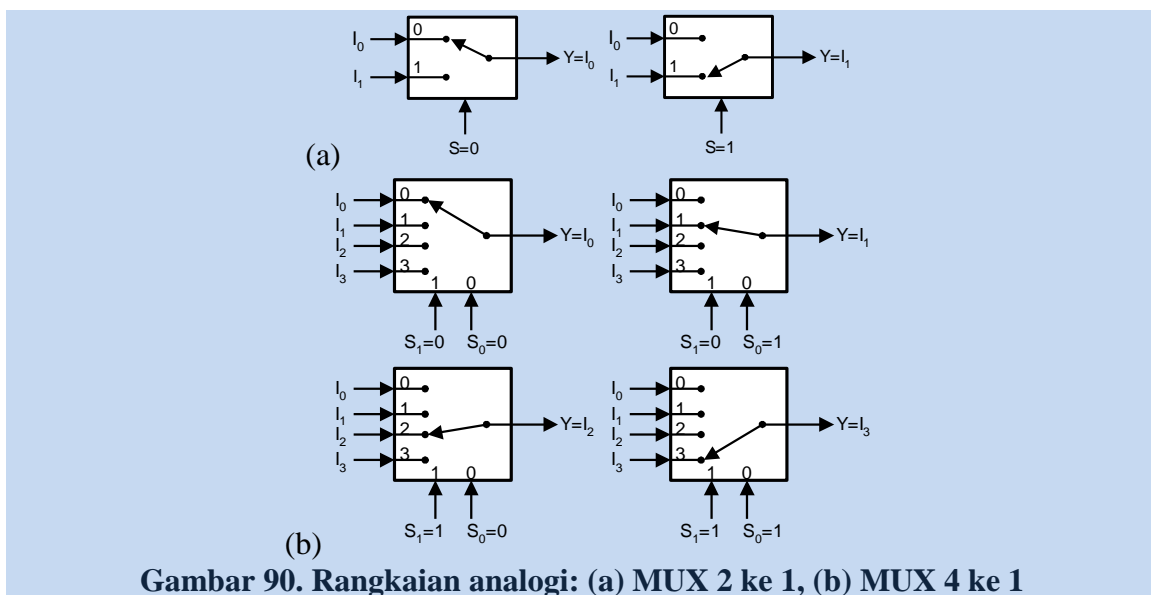
Gambar 88. Spesifikasi pin IC *full adder* paralel 4-bit (a) seri 7483, dan (b) seri 74283

C. Multiplexer

Multiplexer merupakan rangkaian logika yang berfungsi memilih data yang ada pada inputnya untuk disalurkan ke outputnya dengan bantuan sinyal pemilih atau sinyal kontrol. Kata *multiplexer* sering dikemukakan dalam bentuk singkatannya yakni MUX. *Multiplexer* disebut juga sebagai pemilih data (*data selector*). Jumlah input *multiplexer* adalah 2^n ($n=1,2,3,\dots$) dengan n merupakan jumlah bit sinyal pemilih, sehingga terdapat MUX 2 ke 1 dengan 1-bit sinyal pemilih, MUX 4 ke 1 dengan 2-bit sinyal pemilih, MUX 8 ke 1 dengan 3-bit sinyal pemilih, dan seterusnya. Simbol *multiplexer* untuk berbagai jumlah input ditunjukkan pada gambar 89.



Bagaimanakah cara kerja *multiplexer*? Untuk memahaminya, coba perhatikan rangkaian analogi *multiplexer* pada gambar 90!



Pada gambar 90 (a) ditunjukkan rangkaian analogi atau perumpamaan dari MUX 2 ke 1, dan pada gambar 90 (b) untuk MUX 4 ke 1. *Multiplexer* dapat diumpamakan seperti saklar putar, dalam hal ini pemindahan saklar dilakukan dengan memberikan sinyal pemilih. Untuk MUX 2 ke 1 pada gambar 90 (a), pemberian sinyal pemilih 0 ($S=0$) menyebabkan data pada input 0 dipilih untuk disalurkan ke Y. Demikian pula pemberian sinyal pemilih 1 ($S=1$) menyebabkan data pada input 1 dipilih untuk disalurkan ke Y. Untuk MUX 4 ke 1 pada gambar 148 (b), pemberian sinyal pemilih $S_1S_0=00$ yang bernilai 0 menyebabkan input yang bersesuaian dengan nilai sinyal pemilihnya yakni I_0 akan dipilih untuk disalurkan ke outputnya sehingga $Y=I_0$. Sedangkan pemberian sinyal pemilih $S_1S_0=01$ menyebabkan input 1 dipilih, $S_1S_0=10$ menyebabkan input 2 dipilih, dan $S_1S_0=11$ menyebabkan input 3 dipilih untuk disalurkan ke output Y. Rangkaian di atas merupakan rangkaian analogi *multiplexer* dengan menggunakan saklar putar (*rotary switch*), dan rangkaian yang sesungguhnya terdiri atas gerbang-gerbang logika dasar yang membentuk fungsi penyaklaran.

Berdasarkan definisi *multiplexer* dan rangkaian analoginya, dapat disusun tabel kebenaran dari MUX 4 ke 1 sebagai berikut:

Tabel 29. Tabel kebenaran MUX 4 ke 1

PEMILIH		OUTPUT
S_1	S_0	Y
0	0	I_0
0	1	I_1
1	0	I_2
1	1	I_3

Multiplexer pada dasarnya adalah rangkaian logika berbentuk AND-OR atau SOP. Berdasarkan tabel kebenarannya, maka dapat diperoleh *product* atau suku persamaan SOP $\bar{S}_1\bar{S}_0I_0$, $\bar{S}_1S_0I_1$, $S_1\bar{S}_0I_2$, dan $S_1S_0I_3$ sehingga persamaan output MUX 4 ke 1 adalah:

$$Y = \bar{S}_1\bar{S}_0I_0 + \bar{S}_1S_0I_1 + S_1\bar{S}_0I_2 + S_1S_0I_3 \quad \text{persamaan (42)}$$

Berdasarkan persamaan output MUX 4 ke 1 pada persamaan (42) dapat dijelaskan cara kerja *multiplexer* sebagai berikut, jika sinyal pemilih $S_1S_0=00$ maka:

$$Y = \bar{S}_1 \bar{S}_0 I_0 + \bar{S}_1 S_0 I_1 + S_1 \bar{S}_0 I_2 + S_1 S_0 I_3$$

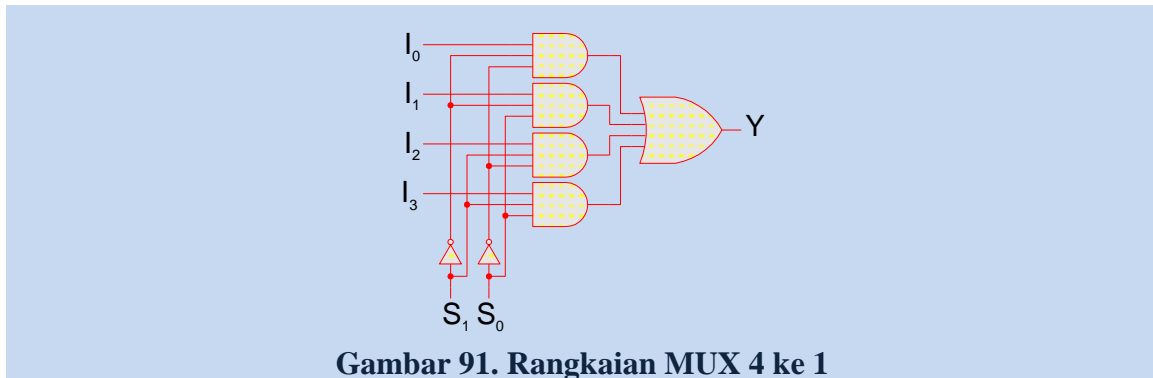
$$Y = \bar{0} . \bar{0} . I_0 + \bar{0} . 0 . I_1 + 0 . \bar{0} . I_2 + 0 . 0 . I_3$$

$$Y = 1 . 1 . I_0 + 1 . 0 . I_1 + 0 . 1 . I_2 + 0 . 0 . I_3$$

$$Y = I_0$$

Dengan menggunakan persamaan (42) dapat ditunjukkan bahwa jika pemilih MUX 4 ke 1 diberi sinyal $S_1 S_0 = 00$, maka $Y = I_0$. Hal itu berarti pemberian sinyal pemilih $S_1 S_0 = 00$ menyebabkan input 0 (I_0) pada MUX 4 ke 1 disalurkan ke output Y.

Berdasarkan persamaan outputnya pada persamaan (42), maka rangkaian MUX 4 ke 1 dapat disusun sebagai berikut:

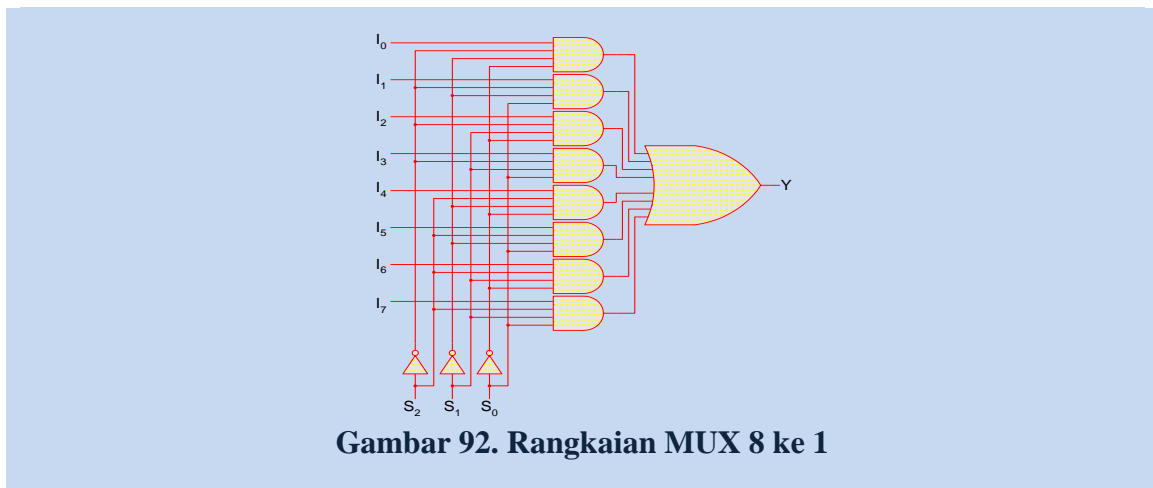


Dengan menggunakan cara penurunan yang sama dengan MUX 4 ke 1, persamaan output untuk MUX 8 ke 1 dapat ditulis:

$$Y = \bar{S}_2 \bar{S}_1 \bar{S}_0 I_0 + \bar{S}_2 \bar{S}_1 S_0 I_1 + \bar{S}_2 S_1 \bar{S}_0 I_2 + \bar{S}_2 S_1 S_0 I_3 + S_2 \bar{S}_1 \bar{S}_0 I_4 + S_2 \bar{S}_1 S_0 I_5 + S_2 S_1 \bar{S}_0 I_6 + S_2 S_1 S_0 I_7$$

persamaan (43)

Berdasarkan persamaan (43), rangkaian MUX 8 ke 1 dapat digambarkan sebagai berikut:

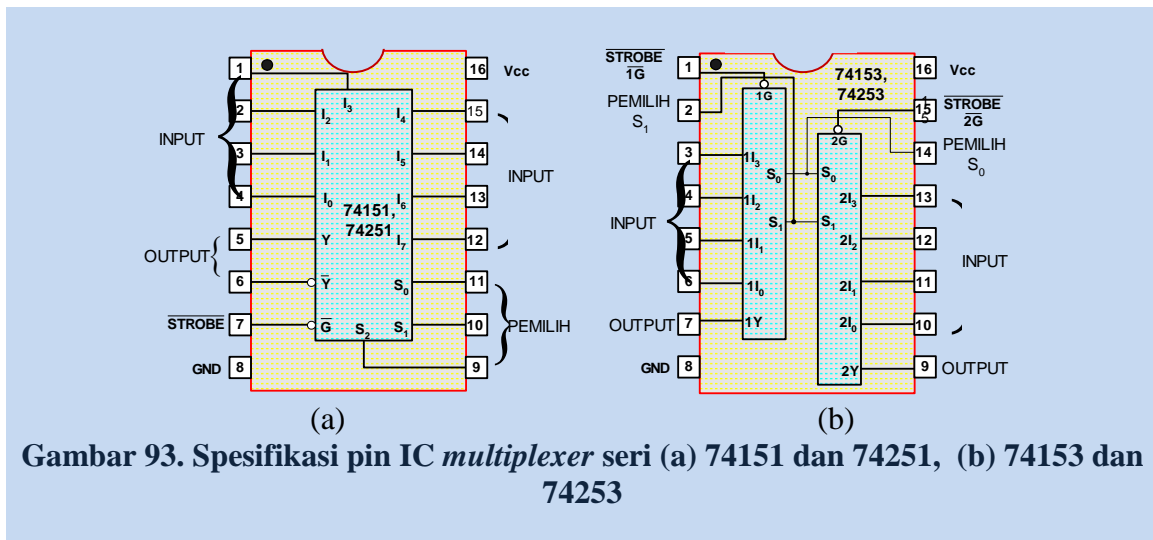


IC TTL yang menyediakan fungsi *multiplexer* terdiri atas berbagai seri seperti ditunjukkan pada tabel 30.

Tabel 30. IC yang menyediakan fungsi *multiplexer*

Seri	Spesifikasi
74151	MUX 8 ke 1
74153	MUX 4 ke 1, 2 buah
74157	MUX 2 ke 1, 4 buah
74158	MUX 2 ke 1, 4 buah, outputnya membalik
74251	MUX 8 ke 1, outputnya 3-status
74253	MUX 4 ke 1, 2 buah, outputnya 3-status
74257	MUX 2 ke 1, 4 buah, outputnya 3-status
74258	MUX 2 ke 1, 4 buah, outputnya membalik, outputnya 3-status

Spesifikasi pin IC *multiplexer* untuk seri 74151, 74251, 74153, dan 74253 ditunjukkan pada gambar 93.

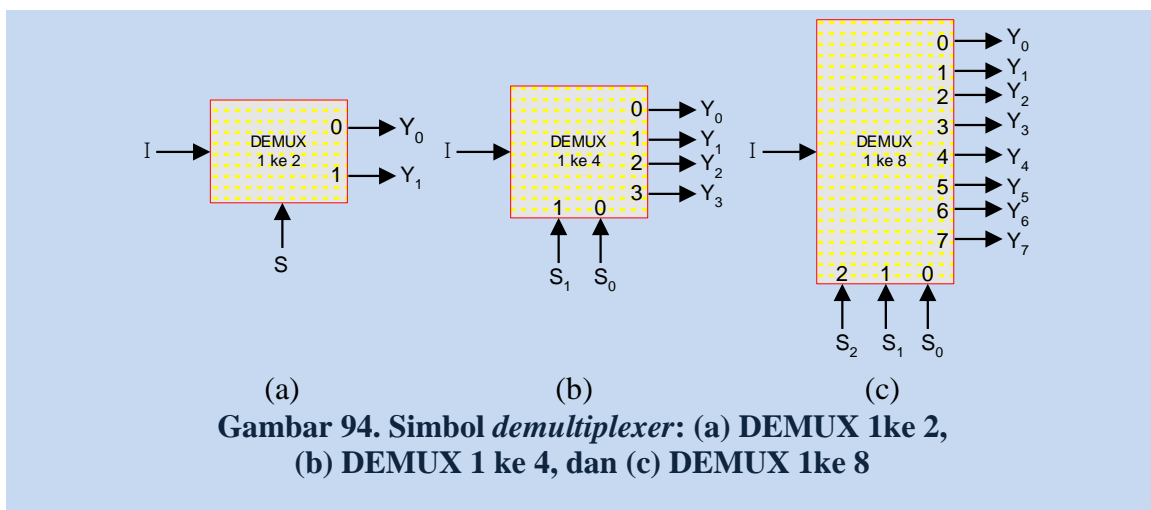


Perhatikan bahwa pada kedua IC *multiplexer* tersebut terdapat pin STROBE yang berfungsi mengaktifkan piranti tersebut. Oleh karena jenisnya *active-low*, maka untuk mengaktifkan *multiplexer* pin STROBE diberi sinyal rendah atau 0.

D. Demultiplexer

Demultiplexer merupakan rangkaian logika yang berfungsi menyalurkan data yang ada pada inputnya ke salah satu dari beberapa outputnya dengan bantuan sinyal pemilih atau sinyal kontrol. Dalam penyebutannya, *demultiplexer* sering dikemukakan dalam bentuk singkatannya saja yakni DEMUX. *Demultiplexer* disebut juga sebagai penyalur data (*data distributor*), dan fungsinya merupakan kebalikan dari fungsi *multiplexer*.

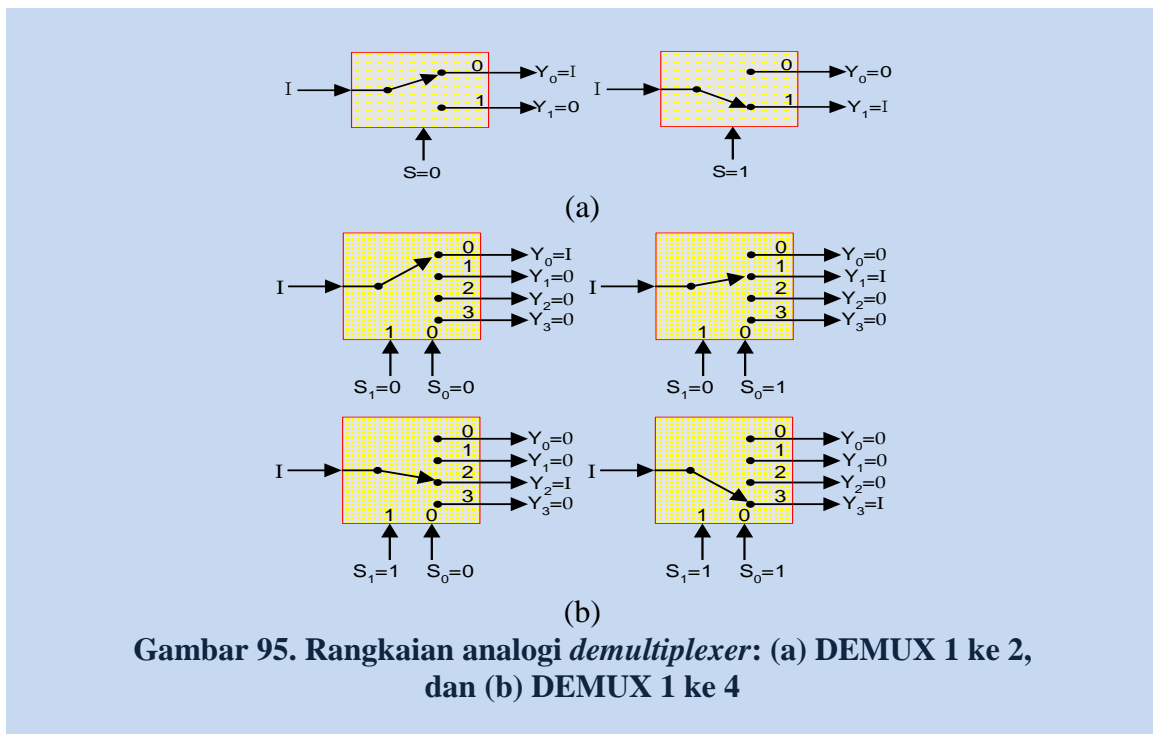
Jumlah output *demultiplexer* adalah 2^n ($n=1,2,3,\dots$), dalam hal ini n merupakan jumlah bit sinyal pemilih, sehingga terdapat DEMUX 1 ke 2 dengan 1-bit sinyal pemilih, DEMUX 1 ke 4 dengan 2-bit sinyal pemilih, DEMUX 1 ke 8 dengan 3-bit sinyal pemilih, dan seterusnya. Simbol *demultiplexer* ditunjukkan pada gambar 94.



Bagaimanakah cara kerja *demultiplexer*? Agar diperoleh kemudahan dalam memahaminya coba perhatikan rangkaian analogi *demultiplexer* menggunakan saklar putar seperti ditunjukkan pada gambar 95.

Perhatikan rangkaian analogi DEMUX 1 ke 2 pada gambar 95 (a)! Pemberian sinyal pemilih 0 ($S=0$) menyebabkan data pada input I disalurkan atau didistribusikan ke output 0 sehingga $Y_0=I$ dan $Y_1=0$. Sedangkan pemberian sinyal pemilih 1 ($S=1$) menyebabkan data pada input I disalurkan ke output 1 sehingga $Y_0=0$ dan $Y_1=I$. Selanjutnya perhatikan rangkaian analogi DEMUX 1 ke 4 pada gambar 95 (b)! Pemberian sinyal pemilih $S_1S_0=00$ menyebabkan data I pada input *demultiplexer*

disalurkan ke output 0 sehingga $Y_0=I$ dan output lainnya bernilai 0. Demikian pula pemberian sinyal pemilih $S_1S_0=01$ menyebabkan input I disalurkan ke output 1 sehingga $Y_1=I$, $S_1S_0=10$ menyebabkan input I disalurkan ke output 2 sehingga $Y_2=I$, serta $S_1S_0=11$ menyebabkan input I disalurkan ke output 3 sehingga $Y_3=I$. Perlu ditegaskan di sini bahwa ketika sebuah output *demultiplexer* sedang menyalurkan data inputnya, maka output-output yang lain akan bernilai rendah atau 0.



Dari definisi *demultiplexer* dan rangkaian analoginya, dapat disusun tabel kebenaran dari DEMUX 1 ke 4 sebagai berikut:

Tabel 31. Tabel kebenaran DEMUX 1 ke 4

PEMILIH		OUTPUT			
S_1	S_0	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3
0	0	I	0	0	0
0	1	0	I	0	0
1	0	0	0	I	0
1	1	0	0	0	I

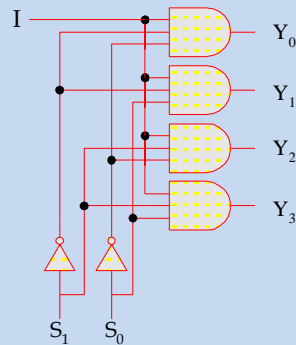
Demultiplexer pada dasarnya adalah kumpulan gerbang AND. Berdasarkan tabel 31, dapat diperoleh operasi AND untuk setiap output DEMUX 1 ke 4 yakni $\bar{S}_1\bar{S}_0I$, \bar{S}_1S_0I , $S_1\bar{S}_0I$, dan S_1S_0I , sehingga untuk DEMUX 1 ke 4 persamaan outputnya adalah:

$$\begin{aligned} Y_0 &= \bar{S}_1\bar{S}_0 I \\ Y_1 &= \bar{S}_1S_0 I \\ Y_2 &= S_1\bar{S}_0 I \\ Y_3 &= S_1S_0 I \end{aligned} \quad \text{persamaan (44)}$$

Untuk sinyal pemilih $S_1S_0=00$, maka output DEMUX 1 ke 4 adalah:

$$\begin{aligned} Y_0 &= \bar{0}.\bar{0}.I = 1.1.I = I \\ Y_1 &= \bar{0}.0.I = 1.0.I = 0 \\ Y_2 &= 0.\bar{0}.I = 0.1.I = 0 \\ Y_3 &= 0.0.I = 0 \end{aligned}$$

Terlihat bahwa untuk sinyal pemilih $S_1S_0=00$, input I akan disalurkan ke output 0 ($Y_0=I$), dan output lainnya bernilai 0. Berdasarkan persamaan outputnya, rangkaian DEMUX 1 ke 4 dapat disusun seperti ditunjukkan pada gambar 96.



Gambar 96. Rangkaian DEMUX 1 ke 4

Jika diperhatikan rangkaian DEMUX 1 ke 4 pada gambar 96, terlihat bahwa hanya input yang bernilai 1 saja yang memungkinkan semua gerbang AND pada *demultiplexer* tersebut bersifat *enable*. Hal itu berarti bahwa *demultiplexer* akan aktif jika inputnya bernilai tinggi atau 1. Sebaliknya, input dengan nilai rendah atau 0 akan menyebabkan semua gerbang AND pada *demultiplexer* bersifat *inhibit* sehingga semua

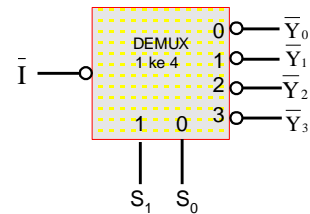
outputnya keadaannya rendah atau 0. Oleh karena *demultiplexer* akan aktif jika keadaan inputnya tinggi maka *demultiplexer* tersebut dikatakan memiliki input jenis *active-high*.

Perhatikan kembali gambar 96! Terlihat bahwa output *demultiplexer* yang dipilih untuk menyalurkan data input akan bernilai tinggi atau 1, sedangkan output yang tidak dipilih bernilai rendah atau 0. Oleh karena output yang aktif memberikan keadaan logika tinggi atau 1 maka dikatakan *demultiplexer* tersebut memiliki output jenis *active-high*. Dalam kebanyakan aplikasi, rangkaian *demultiplexer* dirancang dengan input dan output jenis *active-low*. Suatu rangkaian logika dikatakan memiliki input jenis *active-low* jika rangkaian tersebut dapat aktif untuk input yang bernilai rendah. Sedangkan output rangkaian logika dikatakan *active-low* jika rangkaian tersebut memberikan output rendah ketika aktif.

Tabel kebenaran untuk rangkaian DEMUX 1 ke 4 dengan input dan output jenis *active-low* dapat disusun seperti pada tabel 32.

**Tabel 32. Tabel kebenaran DEMUX
1 ke 4: input dan output jenis *active-low***

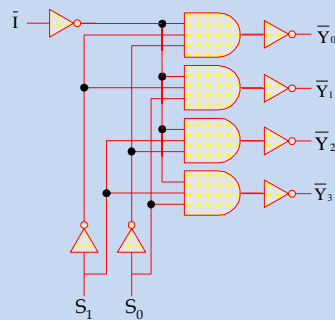
INPUT			OUTPUT			
ENABLE	PEMILIH					
\bar{I}	S_1	S_0	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3
1	X	X	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0



**Gambar 97. Simbol DEMUX 1 ke 4:
input dan output jenis *active-low***

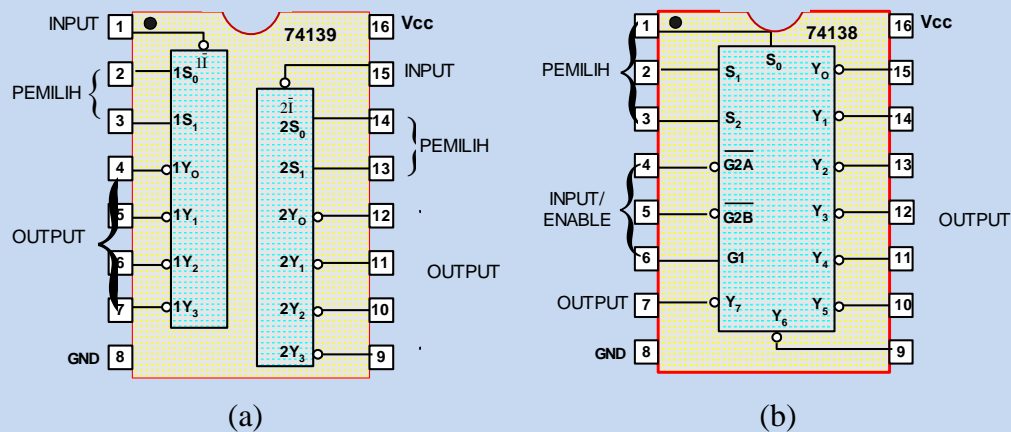
Perhatikan bahwa pada rangkaian logika dengan input dan output jenis *active-low*, notasinya diberi tanda komplemen seperti \bar{I} untuk input, dan \bar{Y}_3 , \bar{Y}_2 , \bar{Y}_1 , \bar{Y}_0 untuk output. Pada tabel 32 ditunjukkan pula bahwa untuk input bernilai tinggi atau 1, pemberian sinyal pemilih untuk semua kemungkinan, akan memberikan keadaan tidak aktif. Simbol DEMUX 1 ke 4 untuk jenis ini ditunjukkan pada gambar 97.

Berdasarkan tabel 32, dapat disusun rangkaian DEMUX 1 ke 4 untuk input dan output jenis *active-low* seperti pada gambar 98.



Gambar 98. Rangkaian DEMUX 1 ke 4: input dan output jenis *active-low*

Dalam bentuk IC, fungsi *demultiplexer* disediakan antara lain oleh IC dengan nomor seri 74138 untuk DEMUX 1 ke 8, dan seri 74139 yang di dalamnya terkandung dua buah DEMUX 1 ke 4. IC lain yang menyediakan fungsi *demultiplexer* adalah seri 74155 dan seri 74156 yang menyediakan dua buah DEMUX 1 ke 4, serta seri 74159 yang menyediakan fungsi DEMUX 1 ke 16. Gambar 99 menunjukkan spesifikasi pin IC dengan seri 74138 dan 74139.

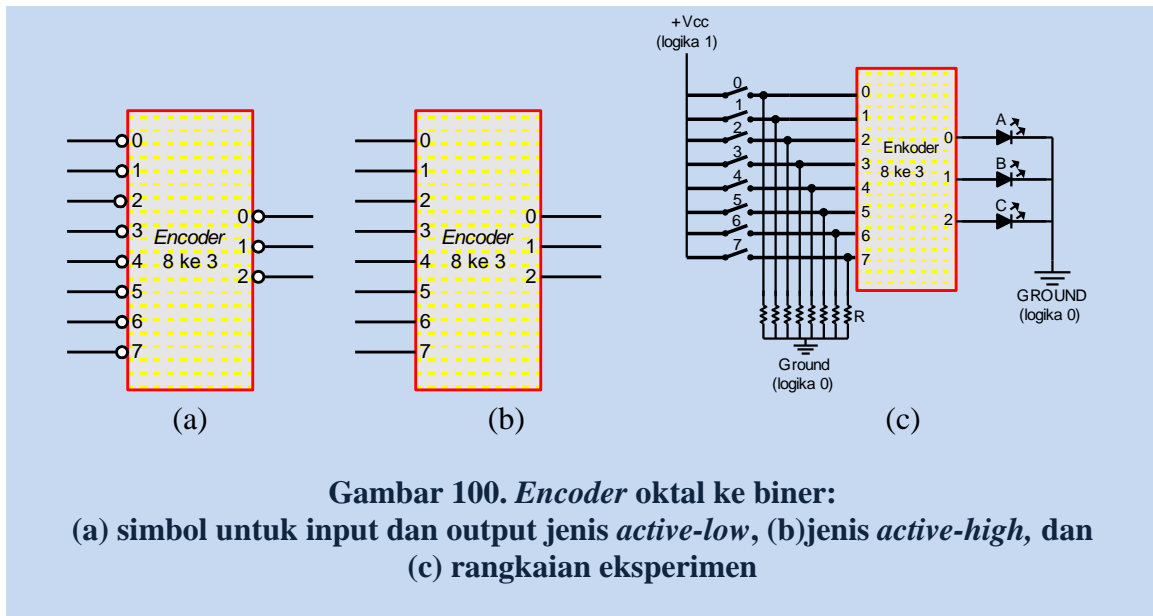


Gambar 99. Spesifikasi pin IC *demultiplexer*: (a) seri 74139, dan (b) seri 74138

E. Encoder

Encoder merupakan rangkaian logika yang berfungsi mengubah data yang ada pada inputnya menjadi kode-kode biner pada outputnya. Contoh *encoder* oktal ke biner atau disebut juga *encoder* 8 ke 3, berfungsi mengubah data bilangan oktal pada inputnya

menjadi kode biner 3-bit pada outputnya. Simbol *encoder* oktal ke biner ditunjukkan pada gambar 100 (a) dan 100 (b).



Dari rangkaian percobaan pada gambar 100 (c) dapat diperoleh tabel kebenaran seperti disajikan pada tabel 33.

Tabel 33. Tabel kebenaran *encoder* 8 ke 3

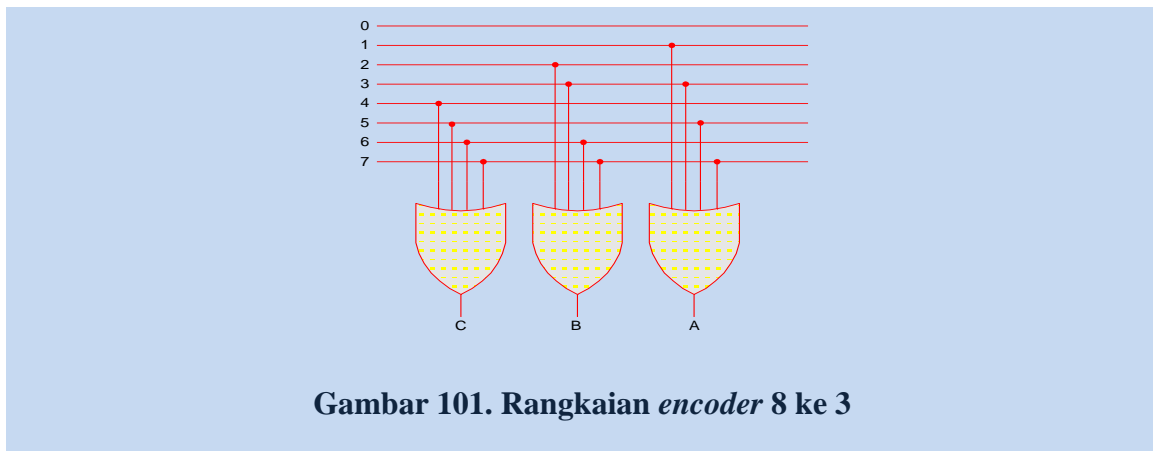
INPUT								OUTPUT		
0	1	2	3	4	5	6	7	C (MSB)	B	A (LSB)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Pada tabel 33, nilai logika 1 di bagian input menunjukkan saklar dalam keadaan tertutup (ON), sedangkan nilai logika 0 menunjukkan saklar dalam keadaan terbuka (OFF). Pada bagian output, nilai logika 1 menunjukkan LED dalam keadaan menyala, dan nilai

logika 0 menunjukkan LED padam. Berdasarkan tabel kebenarannya, dapat disusun persamaan output rangkaian *encoder* 8 ke 3 seperti pada persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} A &= 1 + 3 + 5 + 7 \\ B &= 2 + 3 + 6 + 7 \\ C &= 4 + 5 + 6 + 7 \end{aligned} \quad \text{persamaan (45)}$$

Perhatikan kembali tabel 33! Pada bagian output A terdapat 4 nilai logika tinggi atau 1 yang bersesuaian dengan penekanan tombol 1, tombol 3, tombol 5, dan tombol 7 sehingga output A merupakan operasi OR dari input 1, input 3, input 5, dan input 7 atau $A=1+3+5+7$. Pada output B terdapat 4 nilai logika tinggi yang bersesuaian dengan penekanan tombol 2, tombol 3, tombol 6, dan tombol 7, sehingga $B=2+3+6+7$. Sedangkan pada output C, nilai logika tingginya bersesuaian dengan penekanan tombol 4, tombol 5, tombol 6, dan tombol 7, sehingga $C=4+5+6+7$. Atas dasar persamaan logika outputnya rangkaian *encoder* 8 ke 3 dapat disusun seperti ditunjukkan pada gambar 101.



Gambar 101. Rangkaian *encoder* 8 ke 3

Encoder pada gambar 101 di atas merupakan *encoder* yang jenisnya bukan prioritas, artinya untuk menghasilkan kode biner pada outputnya, hanya boleh ada 1 saklar saja pada inputnya yang tertutup (ON), perhatikan kembali tabel kebenarannya! Pada umumnya, rangkaian *encoder* dalam kemasan IC yang dijual di pasaran merupakan *encoder* prioritas, artinya untuk membangkitkan kode biner pada outputnya, saklar pada input tertinggi saja yang diperhatikan atau diprioritaskan. Keadaan saklar-saklar selain saklar pada input tertinggi diabaikan. Tabel 34 (a) menunjukkan contoh tabel kebenaran

encoder prioritas 8 ke 3 untuk input dan output jenis *active-high*, dan tabel 34 (b) untuk input dan output jenis *active-low*.

Tabel 34. Tabel kebenaran *encoder* prioritas 8 ke 3 dengan input dan output jenis: (a) *active-high*, dan (b) *active-low*.

(a)

INPUT								OUTPUT		
0	1	2	3	4	5	6	7	C (MSB)	B	A (LSB)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
X	X	1	0	0	0	0	0	0	1	0
X	X	X	1	0	0	0	0	0	1	1
X	X	X	X	1	0	0	0	1	0	0
X	X	X	X	X	1	0	0	1	0	1
X	X	X	X	X	X	1	0	1	1	0
X	X	X	X	X	X	X	1	1	1	1

(b)

INPUT								OUTPUT		
$\bar{0}$	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	\bar{C}	\bar{B}	\bar{A}
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
X	X	0	1	1	1	1	1	1	0	1
X	X	0	0	1	1	1	1	1	0	0
X	X	X	X	0	1	1	1	0	1	1
X	X	X	X	X	0	1	1	0	1	0
X	X	X	X	X	X	0	1	0	0	1
X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0

Dalam hal ini X adalah keadaan diabaikan, artinya X dapat bernilai 0 atau 1, dan keduanya tidak diperhatikan. Perhatikan tabel 34 (a) baris ke-3 dari atas! Pada baris ini saklar tertinggi yang ditekan adalah saklar 2. Dengan demikian saklar 2 merupakan saklar yang keadaannya diprioritaskan atau diperhatikan. Saklar-saklar di bawah saklar 2 yakni saklar 1 dan saklar 0 diberi tanda X untuk menunjukkan bahwa kedua saklar itu keadaannya diabaikan. Dari tabel 34 (a), dapat diperoleh persamaan output *encoder* prioritas untuk input dan output jenis *active-high* sebagai berikut:

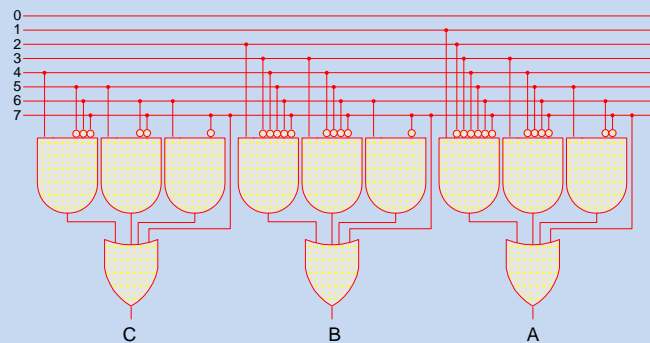
$$\begin{aligned}
 A &= \bar{1}\bar{2}\bar{3}\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + \bar{3}\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + \bar{5}\bar{6}\bar{7} + 7 \\
 B &= \bar{2}\bar{3}\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + \bar{3}\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + \bar{6}\bar{7} + 7 \\
 C &= \bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + \bar{5}\bar{6}\bar{7} + \bar{6}\bar{7} + 7
 \end{aligned}$$

persamaan (46)

Persamaan A diperoleh dari baris-baris pada kolom A yang memberikan output 1. Suku I berhubungan dengan baris ke-2, suku II berhubungan dengan baris ke-4, suku III berhubungan dengan baris ke-6, dan suku IV berhubungan dengan baris ke-8 dari tabel

34 (a). Perhatikan tabel 34 (a) baris ke-2! Saklar tertinggi yang ditekan atau dalam keadaan ON adalah saklar 1, sedangkan keadaan saklar 0 dapat diabaikan, dan saklar 2 sampai dengan saklar 7 keadaannya OFF. Suku yang dihasilkan dari keadaan tersebut merupakan operasi AND dari saklar ON tertinggi dan komplemen-komplemen dari saklar-saklar OFF sehingga suku I adalah $1\bar{2}\bar{3}\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7}$. Perhatikan baris ke-4! Pada baris ini A bernilai 1 untuk keadaan saklar ON tertinggi saklar 3, dan dalam hal ini keadaan saklar 0 sampai dengan saklar 2 diabaikan, serta saklar 4 sampai dengan saklar 7 OFF. Dengan demikian suku yang dihasilkan adalah $3\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7}$. Pada baris ke-6 terlihat bahwa A bernilai 1 untuk keadaan saklar ON tertinggi adalah saklar 5, dan saklar 6 sampai dengan saklar 7 keadaannya OFF sehingga suku yang dihasilkan adalah $5\bar{6}\bar{7}$. Pada baris ke-8, A bernilai 1 untuk keadaan saklar ON tertinggi adalah saklar 7 dan selain saklar tersebut keadaannya diabaikan sehingga suku ke-4 adalah 7. Oleh karena suku-suku A diperoleh dari output yang bernilai 1 maka bentuk persamaannya adalah SOP sehingga $A = 1\bar{2}\bar{3}\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + 3\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + 5\bar{6}\bar{7} + 7$. Perhatikan tabel 34 (a) kolom B baris ke3, ke-4, ke-7, dan ke-8! Dengan menggunakan penurunan yang sama dengan output A, maka untuk output B diperoleh suku-suku persamaan $2\bar{3}\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7}$, $3\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7}$, $6\bar{7}$, dan 7, sehingga output B adalah $B = 2\bar{3}\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + 3\bar{4}\bar{5}\bar{6}\bar{7} + 6\bar{7} + 7$. Perhatikan pula tabel 34 (a) kolom C baris ke-5, ke-6, ke-7, dan ke-8! Dari sana dapat diperoleh $C = 4\bar{5}\bar{6}\bar{7} + 5\bar{6}\bar{7} + 6\bar{7} + 7$.

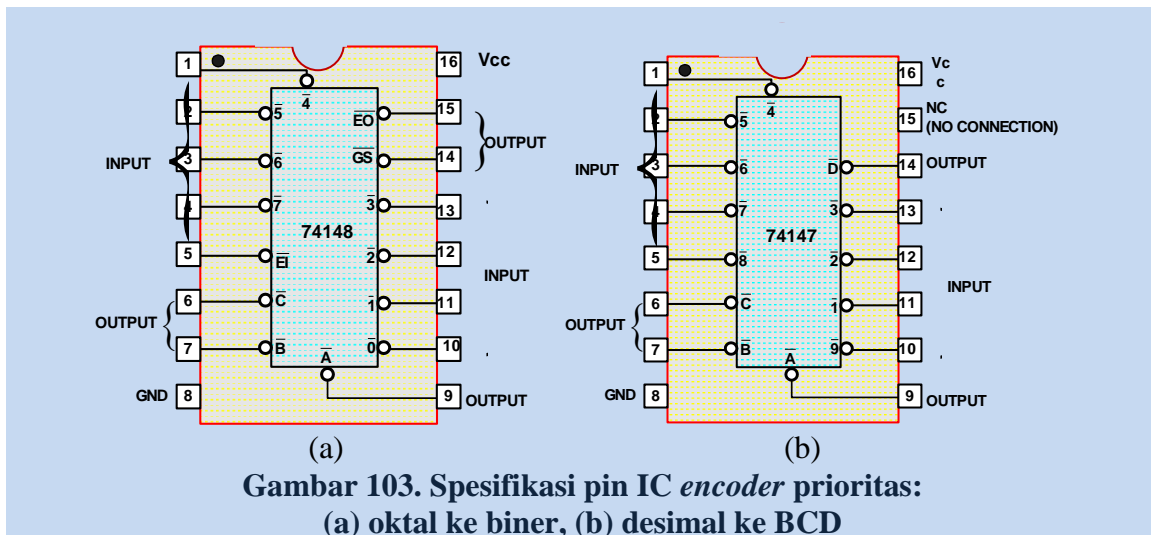
Berdasarkan persamaan (46), rangkaian *encoder* prioritas oktal ke biner untuk input dan output jenis *active-high* dapat disusun seperti pada gambar 102.



Gambar 102. Rangkaian *encoder* prioritas oktal ke biner input dan output jenis *active-high*

Selain *encoder* oktal ke biner terdapat pula *encoder* desimal ke BCD atau *encoder* 10 ke 4. Coba susun tabel kebenaran untuk *encoder* desimal ke biner jenis *active-high* dan *active-low*!

Dalam bentuk kemasan IC jenis TTL, *encoder* prioritas oktal ke biner disediakan oleh seri 74148, sedangkan *encoder* prioritas desimal ke BCD seri 74147. Gambar 103 menunjukkan spesifikasi pin untuk kedua IC tersebut. Terlihat bahwa kedua IC tersebut menyediakan fungsi *encoder* jenis *active-low* baik untuk input maupun outputnya.



Untuk IC seri 74148 pada inputnya terdapat pin \overline{EI} (*enable input*) jenis *active-low*. Pin tersebut berfungsi sebagai pengendali untuk mengaktifkan input. Jika \overline{EI} bernilai tinggi atau 1, maka input *encoder* bersifat *inhibit*, artinya semua inputnya diblokir sehingga *encoder* tidak aktif. Untuk mengaktifkan *encoder*, \overline{EI} diberi nilai rendah atau 0 sehingga semua inputnya bersifat *enable*. Pabrik IC tersebut juga telah melengkapi output 74148 dengan pin \overline{OE} dan \overline{GS} . Pin-pin output tambahan disediakan untuk memungkinkan perluasan penggunaan IC 74148 tanpa memerlukan rangkaian eksternal, karena dalam beberapa aplikasi biasanya keduanya diperlukan.

F. Decoder

Decoder merupakan rangkaian logika yang berfungsi mengkode ulang atau menafsirkan kode-kode biner yang ada pada inputnya menjadi data asli pada outputnya, dan fungsinya merupakan kebalikan dari fungsi *encoder*. Contoh: *decoder* 2 ke 4

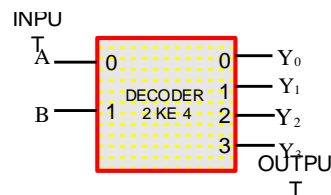
berfungsi menafsirkan kode-kode biner 2-bit menjadi data asli bilangan desimal 0 sampai dengan 3. *Decoder* biner ke oktal atau *decoder* 3 ke 8 berfungsi menafsirkan kode-kode biner 3-bit menjadi data asli sistem oktal. *Decoder* BCD ke desimal atau *decoder* 4 ke 10 berfungsi menafsirkan kode-kode BCD menjadi bilangan desimal. *Decoder* BCD ke peraga 7 segmen berfungsi mengubah kode-kode BCD menjadi kode-kode penggerak peraga 7 segmen.

1. *Decoder* 2 ke 4

Dari definisi, dapat disusun tabel kebenaran suatu *decoder* misalnya *decoder* 2 ke 4 dengan input dan output jenis *active-high* seperti ditunjukkan pada tabel 35.

Tabel 35. Tabel kebenaran
decoder 2 ke 4

INPUT		OUTPUT			
B	A	Y ₀	Y ₁	Y ₂	Y ₃
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

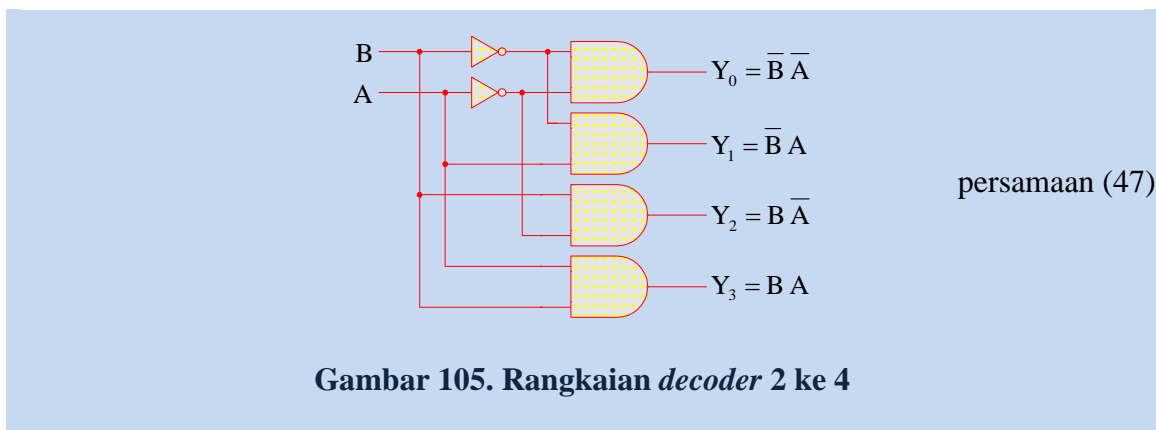


Gambar 104. Simbol *decoder* 2 ke 4, input dan output jenis *active-high*

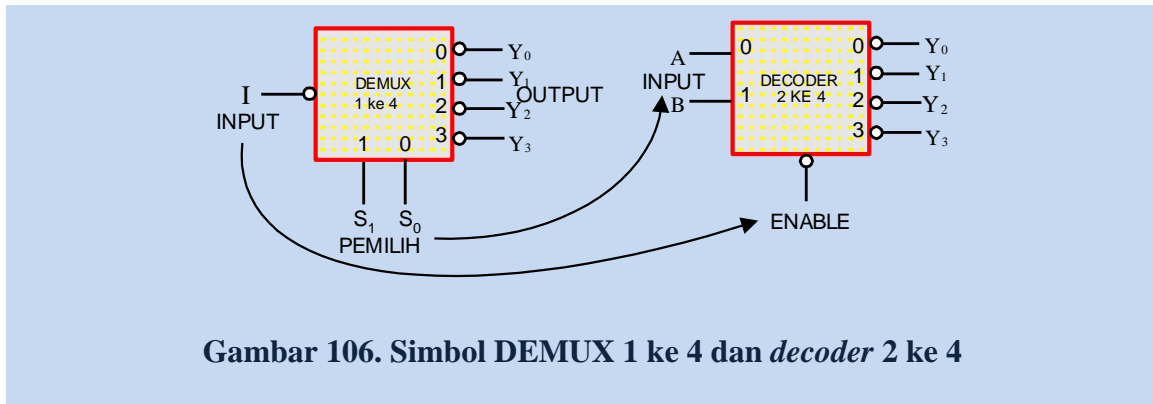
Pada baris ke-1 terlihat bahwa output Y₀ bernilai tinggi dan output lainnya rendah jika inputnya berupa kode 00. Hal itu berarti *decoder* menafsirkan kode 00 biner sebagai 0 desimal. Demikian pula jika inputnya berupa kode 01 pada baris ke-2 maka output Y₁ bernilai 1 dan output lainnya 0 yang berarti *decoder* menafsirkan kode 01 biner sebagai 1 desimal. Selanjutnya, jika inputnya berupa kode biner 10, *decoder* akan menafsirkannya menjadi 2 desimal yang ditandai dengan output Y₂ bernilai 1 dan output lainnya bernilai 0. Untuk input berupa kode biner 11 output Y₃ bernilai 1 dan output lainnya bernilai 0 yang menunjukkan bahwa *decoder* menafsirkan kode biner 11 sebagai 3 desimal. Terlihat bahwa pada *decoder* dengan output jenis *active-high*, hanya terdapat 1 buah output yang bernilai tinggi untuk suatu input tertentu sedangkan output lainnya bernilai 0. Dengan demikian pada *decoder* yang memiliki output jenis *active-low*, hanya terdapat 1 buah output yang bernilai 0 dan output lainnya bernilai 1 untuk suatu keadaan input tertentu.

Berdasarkan tabel kebenaran pada tabel 35, terlihat bahwa output Y₀=1 berhubungan dengan input B=0 dan A=0 atau BA=00. Agar input 00 tersebut dapat

menghasilkan nilai 1 pada Y_0 , maka kedua input itu harus dikomplemenkan sehingga $Y_0 = \bar{B} \bar{A}$. Berikutnya terlihat pula bahwa output $Y_1=1$ berhubungan dengan input 01. Supaya input tersebut dapat menghasilkan nilai 1 pada Y_1 , maka nilai B harus dikomplemenkan sehingga $Y_1 = \bar{B} A$. Selanjutnya, karena $Y_2=1$ berhubungan dengan input 10, maka $Y_2 = B \bar{A}$, dan karena $Y_3=1$ berhubungan dengan input 11, maka $Y_3 = B A$. Jadi, persamaan output *decoder* 2 ke 4 dan rangkaiannya adalah:



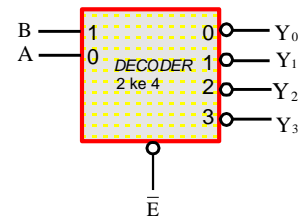
Perhatikan bahwa tabel kebenaran rangkaian *decoder* 2 ke 4 pada tabel 35 bentuknya mirip dengan tabel kebenaran rangkaian *demultiplexer* 1 ke 4 pada tabel 31. Hal tersebut menunjukkan bahwa rangkaian *decoder* pada dasarnya adalah rangkaian *demultiplexer*. Contoh: *demultiplexer* 1 ke 4 adalah *decoder* 2 ke 4, *demultiplexer* 1 ke 8 adalah *decoder* 3 ke 8, dan *demultiplexer* 1 ke 16 adalah *decoder* 4 ke 16. Dalam hal ini, jika *demultiplexer* akan difungsikan sebagai *decoder*, maka input *demultiplexer* difungsikan sebagai input *enable* dari *decoder*, dan pemilih *demultiplexer* menjadi input *decoder*. Perhatikan gambar yang menunjukkan hubungan antara *demultiplexer* dan *decoder* berikut ini!



Dalam kemasan IC TTL, *decoder* 2 ke 4 disediakan oleh seri 74139 yang juga menyediakan fungsi DEMUX 1 ke 4. Pada umumnya input-input *decoder* dalam kemasan IC berjenis *active-high*, sedangkan outputnya bervariasi di antara *active-high* dan *active-low*. Tabel kebenaran untuk IC 74139 yang menyediakan fungsi decoder 2 ke 4 ditunjukkan pada tabel 36.

Tabel 36. Tabel kebenaran *decoder* 2 ke 4 dengan *enable* dan output jenis *active-low*

INPUT			OUTPUT			
\bar{I}	S_1	S_0	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3
\bar{E}	B	A				
1	X	X	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0



Gambar 107. Simbol *decoder* 2 ke 4: *enable* dan output jenis *active-low*

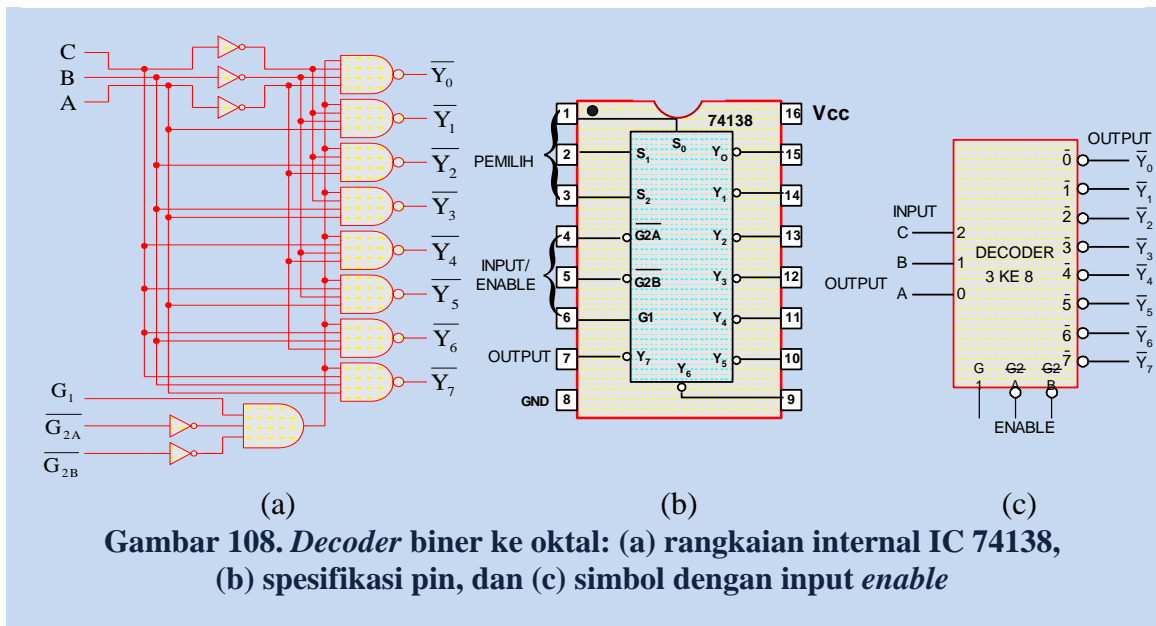
2. Decoder Biner ke Oktal

Rangkaian *decoder* biner ke oktal atau *decoder* 3 ke 8 berfungsi mengubah kode-kode biner 3-bit pada inputnya menjadi bilangan oktal pada outputnya. Decoder ini dalam kemasan IC disediakan oleh IC 74138 dengan spesifikasi pin seperti ditunjukkan pada gambar 99 (b) di muka atau gambar 108 (b). Berdasarkan lembar data (*data sheet*) yang diterbitkan oleh pabriknya, tabel kebenaran 74138 sebagai *decoder* 3 ke 8 ditunjukkan pada tabel 37. Terlihat bahwa output *decoder* 74138 menggunakan tanda NOT, yang berarti jenis outputnya adalah ACTIVE-LOW.

Tabel 37. Tabel kebenaran *decoder 3 ke 8* IC 74138

INPUT					OUTPUT							
G_1	G_2	S_2 C	S_1 B	S_0 A	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3	\bar{Y}_4	\bar{Y}_5	\bar{Y}_6	\bar{Y}_7
X	1	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1
0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Keterangan: $G_2 = \bar{G}_{2A} + \bar{G}_{2B}$

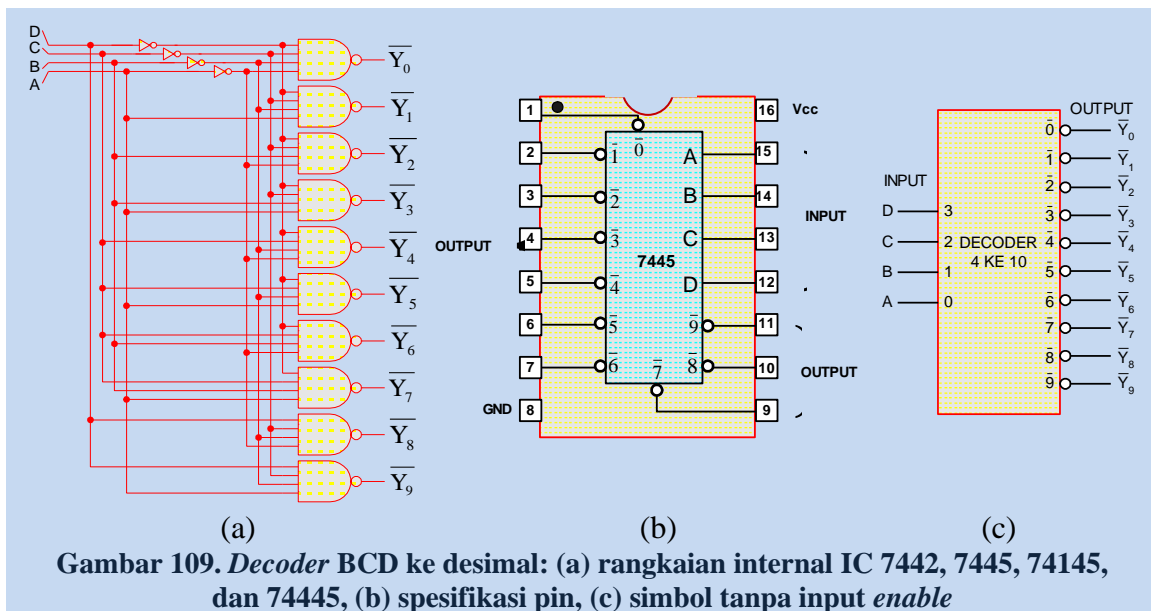


3. Decoder BCD ke Desimal

Decoder yang berfungsi menafsirkan kode-kode BCD ke nilai desimal atau dinamakan pula *decoder 4 ke 10* disediakan oleh IC TTL dengan seri 7442, 7445, 74145, 74445, dan 74141. Tabel kebenaran *decoder* BCD ke desimal dari berbagai IC tersebut ditunjukkan pada tabel 38, dan spesifikasi pin, serta rangkaiannya pada gambar 109.

Tabel 38. Tabel kebenaran *decoder* BCD ke desimal dengan output *active-low*

NO	INPUT				OUTPUT									
	D	C	B	A	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3	\bar{Y}_4	\bar{Y}_5	\bar{Y}_6	\bar{Y}_7	\bar{Y}_8	\bar{Y}_9
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
5	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
6	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
KODE TIDAK SAH	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

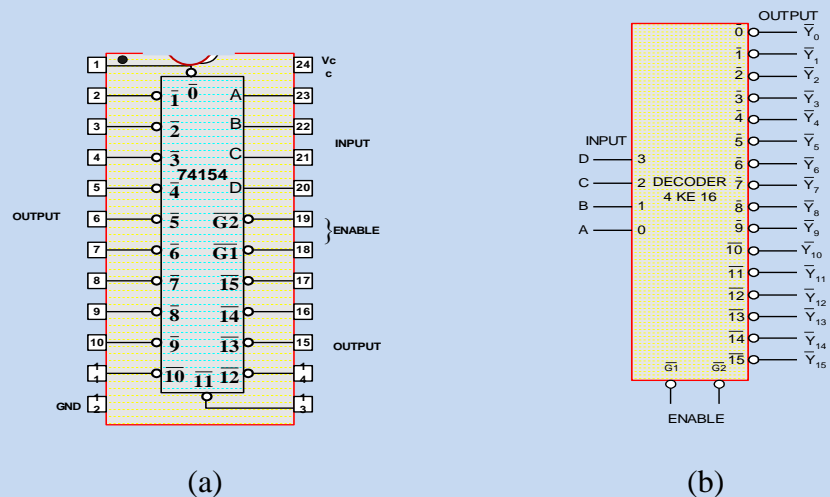


Gambar 109. Decoder BCD ke desimal: (a) rangkaian internal IC 7442, 7445, 74145, dan 74445, (b) spesifikasi pin, (c) simbol tanpa input *enable*

4. Decoder 4 ke 16

Decoder 4 ke 16 menyediakan 16 saluran output sebagai saluran-saluran yang menampilkan hasil tafsiran terhadap kode 4-bit yang dimasukkan melalui inputnya. Dalam kemasan IC, *decoder* ini disediakan oleh IC dengan nomor seri 74154 dan 74159.

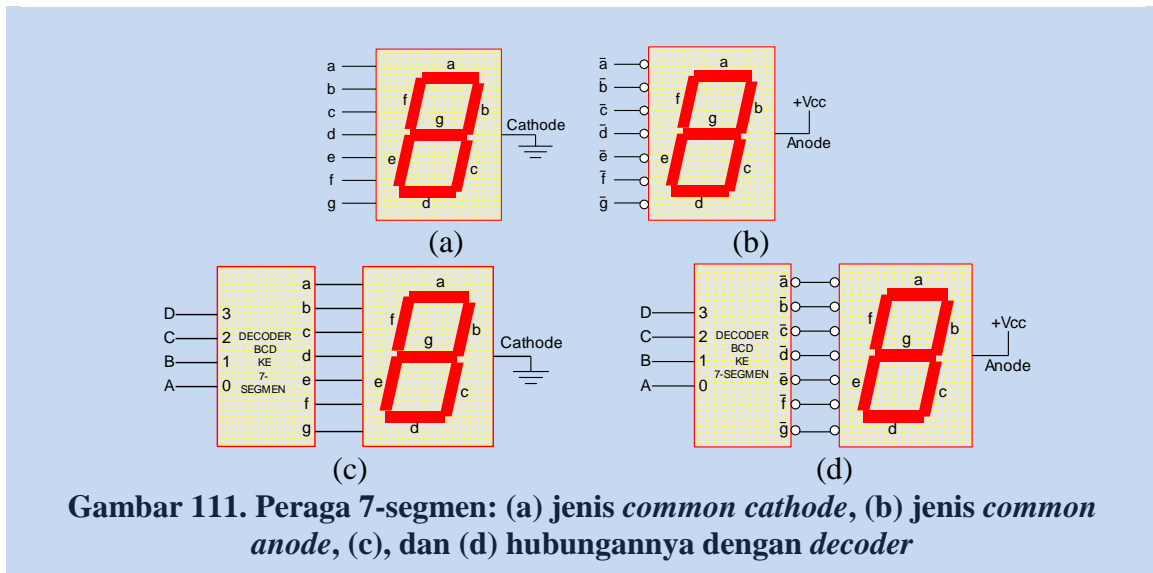
Kedua IC tersebut menyediakan fungsi *decoder* 4 ke 16 dengan output jenis *active-low*. Rangkaian internal IC 74154 atau 74159 ditunjukkan pada gambar 110 (a), dan spesifikasi pin untuk kedua IC itu pada gambar 110 (b). Terlihat bahwa *decoder* tersebut memiliki 2 buah input *enable* $\overline{G1}$ dan $\overline{G2}$ jenis *active-low*. Hal itu menunjukkan bahwa rangkaian *decoder* pada IC 74154 atau 74159 akan aktif hanya jika kedua input *enable* tersebut bernilai rendah atau $\overline{G1}=0$ dan $\overline{G2}=0$.



Gambar 110. Decoder 4 ke 16: (a) spesifikasi pin IC 74154 atau 74159, (b) simbol dengan input *enable*

5. Decoder BCD ke Peraga 7-Segmen

Agar data dalam bentuk kode BCD dapat langsung ditampilkan pada peraga 7-segmen, maka diperlukan rangkaian *decoder* yang menghasilkan sinyal-sinyal penggerak peraga 7-segmen. Pada Bab II di muka telah dijelaskan bahwa peraga 7-segmen terdiri atas dua jenis yakni *common anode* dan *common cathode*. Peraga 7-segmen jenis *common anode* memerlukan sinyal rendah dan jenis *common cathode* memerlukan sinyal tinggi untuk menyalakan segmen-segmennya. Secara umum, peraga 7-segmen memiliki input 7 buah yakni a, b, c, d, e, f, dan g yang digunakan untuk menyalakan segmen-segmennya.

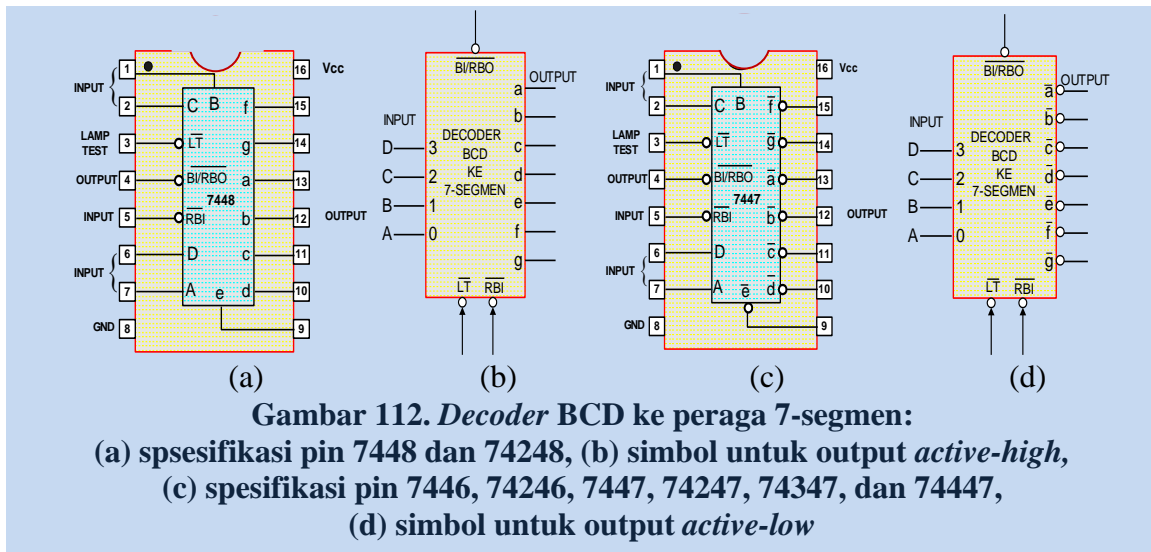


Dari gambar 111 (c) terlihat bahwa peraga 7-segmen jenis *common cathode* memerlukan *decoder* dengan output jenis *active-high* untuk menyalakan segmen-segmennya. Sedangkan jenis *common anode* memerlukan *decoder* dengan output jenis *active-low* seperti ditunjukkan pada gambar 111 (d). Untuk *decoder* BCD ke peraga 7-segmen dengan output jenis *active-high* (gambar 111 c) tabel kebenarannya dapat disusun seperti disajikan pada tabel 39.

Tabel 39. Tabel kebenaran *decoder* BCD ke 7-segmen dengan output *active-high*

INPUT				OUTPUT							TAMPILAN
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	c
1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	u
1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	u
1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	c
1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	e
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	

Dalam kemasan rangkaian terpadu, *decoder* BCD ke peraga 7-segmen untuk output jenis *active-high* disediakan oleh IC dengan nomor seri 7448 atau 74248 dan untuk output jenis *active-low* disediakan oleh seri 7446, 74246, 7447, 74247, 74347, dan 74447. Spesifikasi pin dan simbol untuk IC tersebut ditunjukkan pada gambar 112.



Selain menyediakan output untuk menggerakkan peraga 7-segmen jenis *common cathode*, IC ini menyediakan pula output \overline{RBO} . Untuk mengaktifkan *decoder*, IC ini dilengkapi dengan input pengendali \overline{LT} , \overline{BI} dan \overline{RBI} . Kendali \overline{LT} digunakan untuk *test lamp*, dan jika \overline{LT} bernilai rendah maka *decoder* tidak aktif karena akan menyalakan semua segmen yang ada. Agar *decoder* dapat bekerja menafsirkan kode-kode BCD menjadi sinyal-sinyal penggerak peraga 7-segmen pada outputnya, maka \overline{LT} dan \overline{RBI} harus tinggi. Pengontrol \overline{RBI} digunakan untuk mengatur penampilan angka 0, jika \overline{RBI} bernilai rendah maka angka 0 desimal tidak ditampilkan.

G. Soal Latihan

Soal berikut ini adalah jenis pilihan ganda. Kerjakan dengan cara memilih satu jawaban yang paling tepat dari opsi yang tersedia.

1. Soal nomor Fungsi *non-equality comparator* sama dengan fungsi gerbang:
 - a. XNOR
 - b. NOR
 - c. XOR
 - d. OR
 - e. NAND

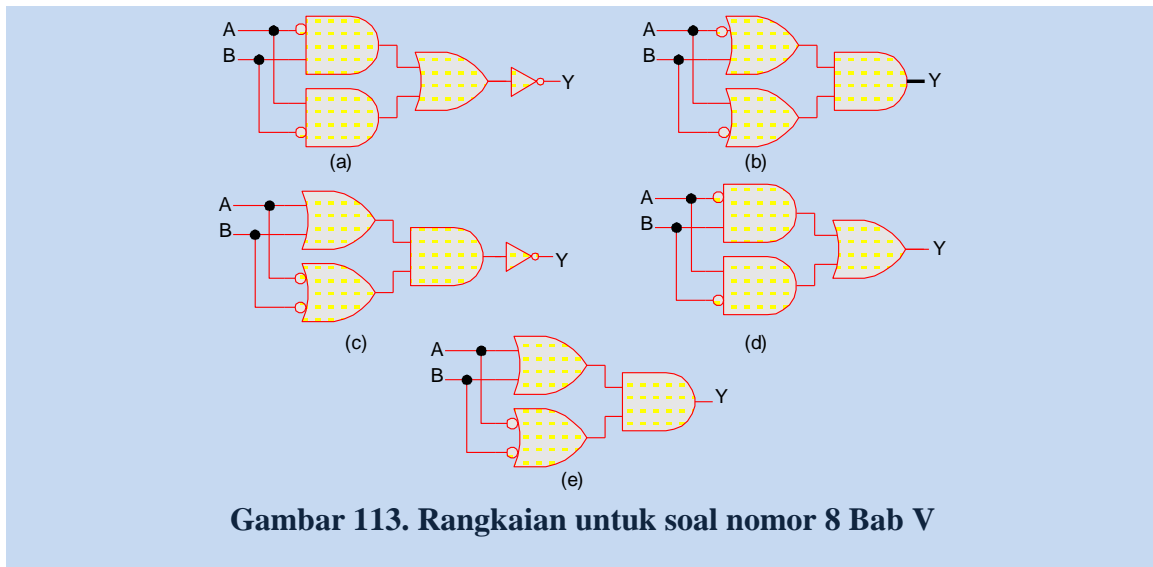
2. Definisi yang tepat dari *full adder* adalah:
 - a. Penjumlah dengan dua buah input dan satu buah output
 - b. Penjumlah dengan output mengandung *carry*
 - c. Penjumlah dengan output mengandung *sum* dan *carry*
 - d. Penjumlah yang melibatkan *carry* (bawaan) sebelumnya pada inputnya
 - e. Penjumlah dengan dua input
3. Dalam kehidupan sehari-hari, multiplekser banyak diterapkan pada peralatan:
 - a. SPST (*single-pole single-throw*) atau saklar tunggal
 - b. DPDT (*double-pole double-throw*) atau saklar dengan kutub dan terminal ganda
 - c. SPDT (*single-pole double-throw*) atau saklar dengan kutub tunggal terminal ganda
 - d. Gabungan SPST dan DPDT
 - e. Gabungan SPDT dan DPDT
4. Demultiplekser adalah rangkaian logika yang berfungsi:
 - a. Mendistribusikan data yang ada pada inputnya ke output tertentu yang dipilih
 - b. Memilih data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
 - c. Mencampur data yang ada pada inputnya
 - d. Menahan data yang ada pada inputnya dengan bantuan sinyal pemilih
 - e. Meneruskan data yang ada pada inputnya
5. Jenis enkoder dengan input dan output bertanda not adalah jenis
 - a. Input dan output ACTIVE-LOW
 - b. Input dan output ACTIVE-HIGH
 - c. Input ACTIVE-HIGH, output ACTIVE-LOW
 - d. Input ACTIVE-LOW, output ACTIVE-HIGH
 - e. Enkoder prioritas jenis ACTIVE-LOW
6. Rangkaian dekoder dengan 4 input bertanda NOT dan 10 output adalah jenis:
 - a. Dekoder BCD ke desimal jenis input dan output ACTIVE-HIGH
 - b. Dekoder BCD ke desimal jenis input dan output ACTIVE-LOW
 - c. Dekoder BCD ke desimal jenis input ACTIVE-LOW, output ACTIVE-HIGH
 - d. Dekoder BCD ke desimal jenis input ACTIVE-HIGH, output ACTIVE-LOW
 - e. Bukan rangkaian dekoder

Soal-soal berikut ini adalah jenis uraian (esai).

7. Tunjukkan persamaan berikut ini yang merupakan fungsi *non-equality comparator* dan berikan alasannya!

- $Y = \overline{A} B + A \overline{B}$
- $Y = (A + B)(\overline{A} + \overline{B})$
- $Y = \overline{A} B C + \overline{A} \overline{B} C + A \overline{B} \overline{C}$
- $Y = \overline{A} B \overline{C} + A B \overline{C} + A \overline{B} C$
- $Y = A(A + B)(\overline{A} + \overline{B})(A + B)\overline{A}$

8. Perhatikan rangkaian-rangkaian pada gambar 113 berikut ini! Tunjukkan rangkaian mana yang memberikan fungsi *equality comparator* dan berikan alasannya!



9. Perhatikan peta Karnaugh berikut ini:

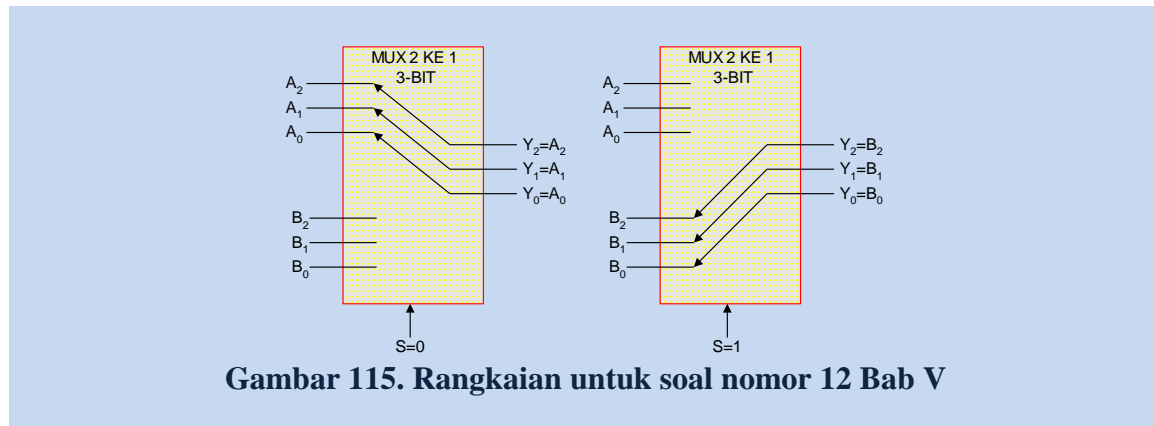
CD \ AB				
	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	1	0	1	0
11	0	1	0	1
10	1	0	1	0

Implementasikan peta Karnaugh di samping ini dengan menggunakan gerbang XOR!

Gambar 114. Peta Karnaugh untuk soal nomor 3 Bab V

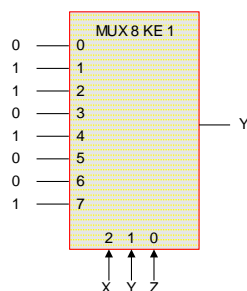
10. Implementasikan $Y(A, B, C, D) = \sum m(0, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 15)$ menggunakan gerbang XNOR!

11. Susun rangkaian *full adder* paralel 6-bit, dan tunjukkan operasi rangkaian tersebut dalam melakukan operasi aritmetika $+5+4$, $+5-4$, $-5+4$, dan $-5-4$!
12. Gambar berikut ini menunjukkan rangkaian analogi *multiplexer* 2 ke 1 dengan panjang data 3-bit!



Berdasarkan rangkaian analogi tersebut, susun tabel kebenaran, persamaan output untuk Y_2 , Y_1 , dan Y_0 serta gambarkan rangkaian logikanya!

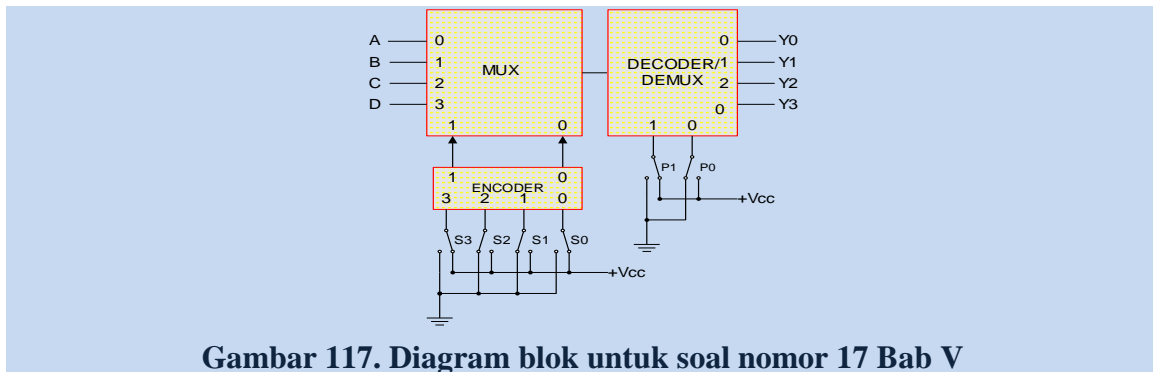
13. Suatu *multiplexer* 8 ke 1 pada inputnya terpasang data-data seperti pada gambar 116.



Tulislah keadaan output Y untuk berbagai nilai sinyal kendali XYZ!

Gambar 116. Keadaan input MUX 8 ke 1 untuk soal nomor 7 Bab V

14. Susunlah rangkaian DEMUX 1 ke 4 yang memiliki 2 buah input yakni \overline{G} , dan I dengan output jenis *active-low*!
15. Susun tabel kebenaran, persamaan output, dan rangkaian *encoder* desimal ke kode XS-3 dengan output jenis *active-high*! Susun pula rangkaian yang sama untuk output jenis *active-low*!
16. Dengan menggunakan IC 74147 *encoder* desimal ke BCD susunlah rangkaian *encoder* oktal ke biner!
17. Perhatikan diagram blok berikut ini!



Gambar 117. Diagram blok untuk soal nomor 17 Bab V

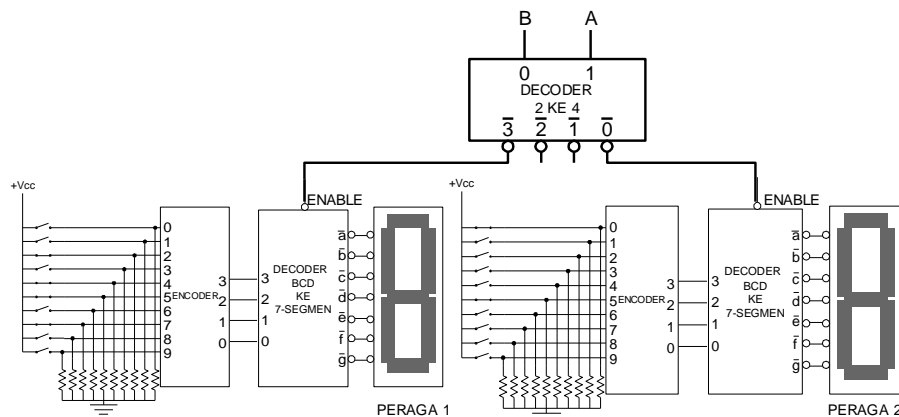
Dengan anggapan *encoder* yang digunakan adalah jenis prioritas, tulislah keadaan output *decoder* Y_0 , Y_1 , Y_2 , dan Y_3 !

18. Dengan menggunakan gambar 117, dan KA menunjukkan posisi saklar ke kanan, serta KI posisi saklar ke kiri, isilah tabel berikut ini:

Tabel 40. Tabel untuk soal nomor 12 Bab V

SAKLAR ENCODER				SAKLAR DECODER		OUTPUT DECODER/DEMUX			
S3	S2	S1	S0	P1	P0	Y0	Y1	Y2	Y3
KI	KI	KI	KA	KA	KI	....	....	....	....
KI	KA	KA	KI	KA	KA	....	....	....	....
KI	KI	KA	KI	KI	KI	....	....	....	....
KA	KA	KI	KI	KI	KA	....	....	....	....
KI	KI	KA	KI	KA	KI	....	....	....	....
KI	KA	KI	KI	KI	KI	....	....	....	....

19. Implementasikan rangkaian *full adder* 1-bit dengan menggunakan (a) dua buah *multiplexer* 8 ke 1, dan (b) dua buah *decoder* 3 ke 8.
20. Dari gambar berikut ini, apa yang terjadi dengan peraga 1 dan peraga 2 jika diberikan sinyal $AB=00$, $AB=01$, $AB=10$, dan $AB=11$?



Gambar 118. Rangkaian untuk soal nomor 14 Bab V

KOMPETENSI DASAR VI

1. Mahasiswa memahami watak dan cara kerja elemen rangkaian sekuensial flip-flop (FF)
2. Mahasiswa memahami dasar-dasar analisis dan perancangan rangkaian logika sekuensial

TUJUAN PEMBELAJARAN VI

Agar mahasiswa dapat:

1. mendefinisikan pengertian rangkaian sekuensial
2. mendefinisikan flip-flop jenis SR, JK, D, dan T.
3. menggambarkan rangkaian dan simbol serta menuliskan persamaan Boole FFSR, JK, D, serta T
4. menjelaskan watak flip-flop jenis SR, JK, D, dan T melalui tabel kebenaran dan diagram waktu
5. menjelaskan cara kerja dari flip-flop SR, JK, D, serta T
6. menyebutkan seri IC TTL dan susunan pin yang tersedia dari flip-flop SR, JK, D, serta T
7. membuat tabel kebenaran dan diagram transisi dari suatu persamaan/rangkaian sekuensial
8. menuliskan persamaan output dari rangkaian sekuensial yang diketahui
9. membuat diagram transisi dari definisi rangkaian sekuensial
10. menuliskan persamaan berdasarkan diagram transisi yang diperoleh
11. menggambar rangkaian berdasarkan persamaan sekuensial yang diketahui

GARIS BESAR MATERI VI

Logika sekuensi merupakan rangkaian logika yang keadaan outputnya selain tergantung pada keadaan input-inputnya juga tergantung pada keadaan output sebelumnya. Dalam aplikasinya, rangkaian logika sekuensi banyak digunakan di dalam sistem komputer. Hal itu disebabkan dalam sistem komputer banyak data dikirim dari satu tempat ke tempat lainnya secara berurutan, sehingga memerlukan rangkaian sekuensi untuk menangani transfer data tersebut. Rangkaian logika ini didefinisikan pula sebagai rangkaian logika yang outputnya tergantung pada waktu. Bagian-bagian rangkaian logika sekuensi terdiri atas rangkaian logika kombinasi dan unit penyimpanan. Melalui bagian ini Anda akan diperkenalkan terlebih dahulu dengan unit penyimpan dalam suatu rangkaian sekuensi yang dinamakan flip-flop. Flip-flop merupakan elemen rangkaian logika sekuensi yang berfungsi menyimpan data 1-bit, sehingga elemen ini dinamakan pula memori 1-bit. Berbagai jenis flip-flop akan diperkenalkan seperti flip-flop Set-Reset, flip-flop J-K, flip-flop J-K *master-slave*, flip-flop D, dan flip-flop T.

Salah satu ciri rangkaian logika sekuensi adalah pengaktifan dari elemen-elemennya dilakukan dengan menggunakan pulsa *clock* (detak). *Clock* merupakan pulsa atau denyut listrik periodik yang memiliki periode tertentu. Melalui bagian ini Anda akan diperkenalkan dengan karakteristik *clock* yang diperlukan untuk mengaktifkan elemen rangkaian sekuensi dan sekaligus akan dikenalkan pula dengan karakteristik flip-flop berdasarkan jenis pulsa aktivasinya atau pemicunya.

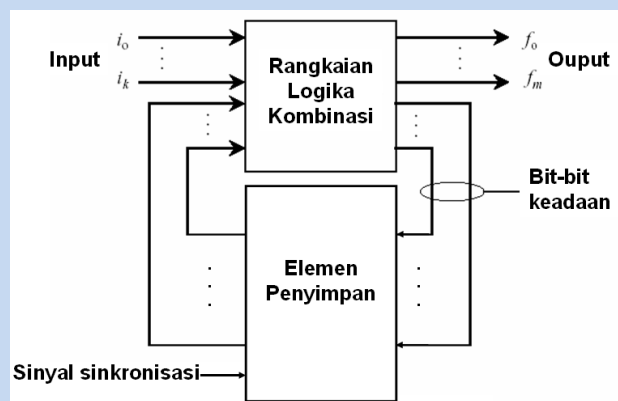
Selanjutnya, Anda akan diberi penjelasan tentang pengertian rangkaian logika sekuensi dan prosedur analisisnya yang mencakup penyusunan tabel keadaan (*state table*) dari suatu rangkaian sekuensi yang diketahui, penggambaran diagram keadaan (*state diagram*) dari tabel keadaan yang diperoleh, dan penurunan persamaan keadaan serta persamaan output yang mencerminkan karakteristik dari rangkaian sekuensi yang dianalisis.

Bagian akhir dari bab ini akan menjelaskan kepada Anda tentang teknik perancangan rangkaian logika sekuensi. Penjelasannya mencakup cara pendefinisian atau penetapan watak rangkaian logika sekuensi yang akan dirancang, cara penyusunan tabel keadaan atau diagram transisi keadaan berdasarkan definisi watak rangkaian, penentuan spesifikasi elemen penyimpan meliputi banyak dan jenis flip-flop yang digunakan, dan penyusunan tabel eksitasi flip-flop untuk menentukan fungsi input flip-flop penyusun rangkaian dan fungsi output rangkaian, serta penggambaran rangkaian sekuensi atas dasar persamaan output dan fungsi-fungsi input flip-flop yang diperoleh.

BAB VI RANGKAIAN LOGIKA SEKUENSI

A. Pengertian Logika Sekuensi

Pada bab V di muka telah dijelaskan bahwa secara umum terdapat dua jenis rangkaian logika yakni logika kombinasi dan logika sekuensi. Rangkaian jenis pertama outputnya hanya tergantung pada keadaan input-inputnya saja, sedangkan pada rangkaian logika sekuensi selain outputnya tergantung pada keadaan input-inputnya juga tergantung pada keadaan output sebelumnya. Oleh karena itu, pada rangkaian logika sekuensi terdapat unit penyimpan untuk mengingat keadaan output sebelumnya. Diagram blok rangkaian logika sekuensi ditunjukkan pada gambar 119.



Gambar 119. Diagram blok rangkaian sekuensi

Rangkaian logika kombinasi pada gambar 119 melakukan pemrosesan terhadap sinyal-sinyal input dan salah satu outputnya adalah bit-bit keadaan yang merupakan perangsang (*excitation*) bagi elemen penyimpan. Bit-bit perangsang ini akan menentukan keadaan yang harus disimpan dalam elemen penyimpan yang berguna untuk menentukan keadaan output berikutnya. Terlihat bahwa output rangkaian logika sekuensi merupakan fungsi dari keadaan input sekarang dan keadaan-keadaan output penyimpan yang mewakili keadaan output sebelumnya.

Dalam operasinya, bagian elemen penyimpan pada rangkaian logika sekuensi dilengkapi dengan input sinyal sinkronisasi. Sinyal ini berbentuk *clock* yang merupakan pulsa listrik periodik. Fungsi utama *clock* pada rangkaian ini adalah untuk sinkronisasi

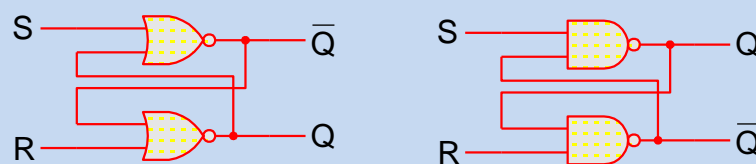
yakni suatu tindakan mengaktifkan beberapa elemen penyimpan secara bersama-sama. Atas dasar pengaktifan elemen penyimpanannya, rangkaian logika sekuensi terbagi menjadi rangkaian sekuensi serempak (*synchronous sequential circuit*) dan rangkaian sekuensi tak serempak (*asynchronous sequential circuit*). Rangkaian logika sekuensi serempak merupakan rangkaian logika sekuensi yang bekerja memproses suatu sinyal input ketika suatu sinyal sinkronisasi mengaktifkan semua elemen penyimpanannya secara bersama-sama. Sedangkan rangkaian sekuensi tak serempak merupakan rangkaian logika sekuensi yang pengaktifan elemen-elemen penyimpanannya berdasarkan urutan sinyal yang masuk sehingga elemen-elemen penyimpanannya tidak bekerja secara bersamaan.

B. Flip-flop

Elemen penyimpan rangkaian logika sekuensi adalah flip-flop. Flip-flop merupakan sel biner yang mampu menyimpan data 1-bit, sehingga sel ini dinamakan pula memori 1-bit. Ciri-ciri flip-flop yang paling menonjol adalah memiliki dua buah output, yakni satu buah untuk output dari data yang disimpan dan lainnya merupakan komplementennya. Berbagai jenis flip-flop dapat ditemukan pada bidang teknik digital di antaranya adalah flip-flop Set-Reset, flip-flop JK, flip-flop JK Slave-Master, Flip-flop D, dan flip-flop T.

1. Flip-Flop Set-Reset

Sesuai dengan namanya, flip-flop set-reset atau disingkat flip S-R merupakan memori yang melakukan penyimpanan data dengan cara memberi sinyal pada input Set (S) dan Reset (R) yang dimilikinya. Gambar berikut ini menunjukkan rangkaian flip-flop set-reset.



Gambar 120. Rangkaian flip-flop Set-Reset: (a) menggunakan gerbang NOR, dan (b) dengan gerbang NAND

Jika Q_n merupakan keadaan output sekarang dan Q_{n-1} keadaan output sebelumnya, maka persamaan output flip-flop S-R yang dibangun dengan menggunakan gerbang NOR seperti pada gambar 120 (a), dalam keadaan tak stabil, dapat dinyatakan dalam:

$$\begin{aligned} Q_n &= R + \overline{Q_{n-1}} \\ \overline{Q_n} &= S + Q_{n-1} \end{aligned} \quad \text{persamaan (48)}$$

Sedangkan untuk flip-flop yang dibangun dengan gerbang NAND, persamaan outputnya dinyatakan dalam:

$$\begin{aligned} Q_n &= S \cdot \overline{Q_{n-1}} \\ \overline{Q_n} &= R \cdot Q_{n-1} \end{aligned} \quad \text{persamaan (49)}$$

Dengan menggunakan persamaan (48), dalam keadaan stabil, watak atau karakteristik flip-flop dengan gerbang NOR dapat dituangkan dalam suatu tabel kebenaran seperti ditunjukkan pada tabel 41.

Tabel 41. Tabel kebenaran flip-flop S-R dengan gerbang NOR

INPUT			OUTPUT		
S	R	Q_{n-1}	Q_n	$\overline{Q_n}$	KEADAAN
1	0	0	1	0	Set ($Q_n=1$)
1	0	1	1	0	
0	1	1	0	1	Reset ($Q_n=0$)
0	1	0	0	1	
0	0	0	0	1	Tetap ($Q_n=Q_{n-1}$)
0	0	1	1	0	
1	1	0	?	?	Terlarang ($Q_n=?$)
1	1	1	?	?	

Tabel kebenaran tersebut dapat disederhanakan lagi menjadi tabel 42 dan untuk flip-flop S-R dengan gerbang NAND pada tabel 43.

Tabel 42. Tabel kebenaran sederhana flip-flop S-R dengan NOR

INPUT		OUTPUT
S	R	Q_n
1	0	1
0	1	0
0	0	Q_{n-1}
1	1	?

Tabel 43. Tabel kebenaran sederhana flip-flop S-R dengan

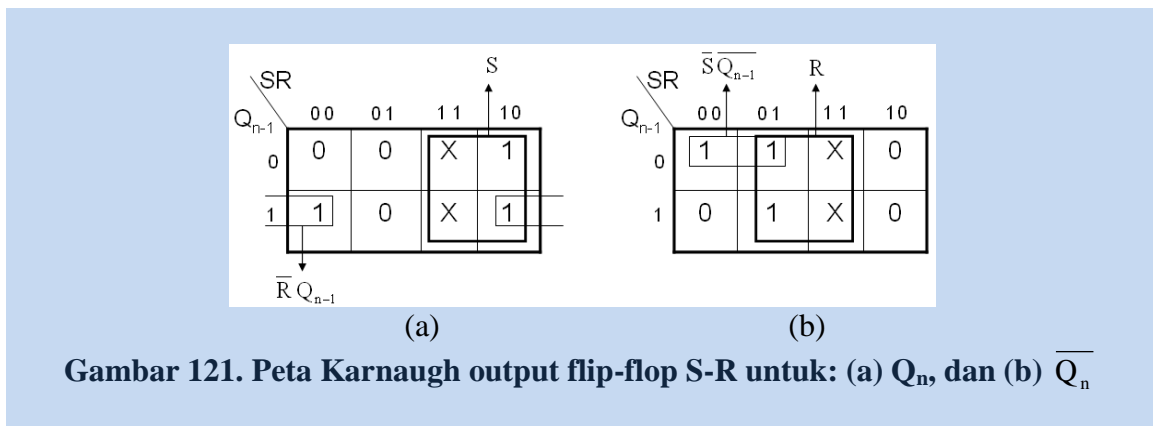
INPUT		OUTPUT
S	R	Q_n
1	0	0
0	1	1
0	0	?
1	1	Q_{n-1}

Berdasarkan tabel 41, dapat disusun persamaan output flip-flop S-R jenis NOR untuk keadaan stabil, dan perlu dibuat terlebih dahulu tabel 44 yang merupakan tabel penyesuaian terhadap tabel 41.

Tabel 44. Tabel kebenaran flip-flop S-R untuk penyusunan peta Karnaugh

INPUT			OUTPUT	
S	R	Q_{n-1}	Q_n	$\overline{Q_n}$
1	0	0	1	0
1	0	1	1	0
0	1	1	0	1
0	1	0	0	1
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
1	1	0	X	X
1	1	1	X	X

Dari tabel tersebut dapat disusun peta Karnaugh untuk Q_n dan $\overline{Q_n}$ sebagai berikut:



Atas dasar peta Karnaugh yang telah disusun pada gambar 121, dapat diperoleh persamaan output flip-flop S-R sebagai berikut:

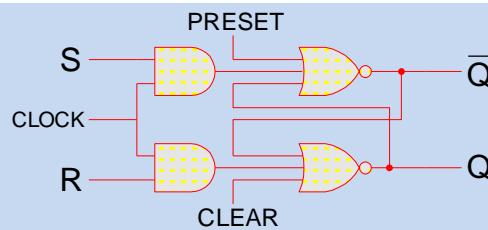
$$\begin{aligned}
 Q_n &= S + \overline{R}Q_{n-1} \\
 \overline{Q_n} &= R + \overline{S}Q_{n-1} \\
 SR &= 0
 \end{aligned}
 \tag{persamaan (50)}$$

Q_n dan $\overline{Q_n}$ pada persamaan (50) merupakan persamaan output flip-flop S-R yang berlaku pada keadaan stabil. Pencantuman syarat $SR=0$ diperlukan karena flip-flop S-R tidak

boleh diberi input S dan R tinggi atau $S=1$ dan $R=1$. Dengan kata lain, Q_n dan $\overline{Q_n}$ berlaku jika $SR=0$.

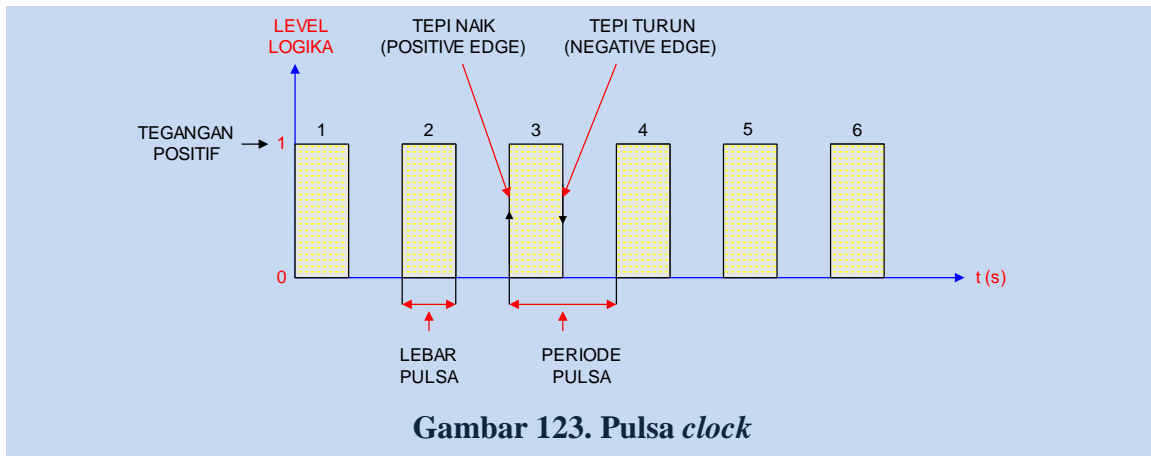
2. Flip-flop S-R Canggih

Flip-flop S-R yang telah dibahas di muka konfigurasinya sangat sederhana yakni hanya terdiri dari dua gerbang NOR atau dua gerbang NAND dan hanya memiliki input set dan reset saja. Selain itu, terdapat flip-flop S-R jenis yang lebih rumit, oleh karenanya disebut flip-flop S-R canggih (*sophisticated S-R flip flop*). Kerumitan yang ada pada flip-flop jenis ini disebabkan karena adanya tambahan fungsi seperti input *clock* untuk sinkronisasi atau pengaktifan, sehingga elemen penyimpan ini dinamakan juga *clocked set reset flip flop*, atau flip-flop S-R yang dilengkapi dengan *clock*. Selain input *clock*, flip-flop ini dilengkapi juga dengan input *preset* dan *clear*. Input *preset* digunakan untuk memberikan set awal, dan aksinya tidak terpengaruh oleh *clock*, dan input *clear* digunakan untuk memberikan reset awal, dan aksinya juga tidak terpengaruh oleh *clock*. Pulsa sinkronisasi *clock* hanya berpengaruh terhadap input S dan R, dalam hal ini S dan R akan memberikan pengaruh pada watak flip-flop jika ada input *clock*. Rangkaian flip-flop S-R jenis ini disajikan pada gambar 122.



Gambar 122. Rangkaian flip-flop S-R yang dilengkapi dengan clock

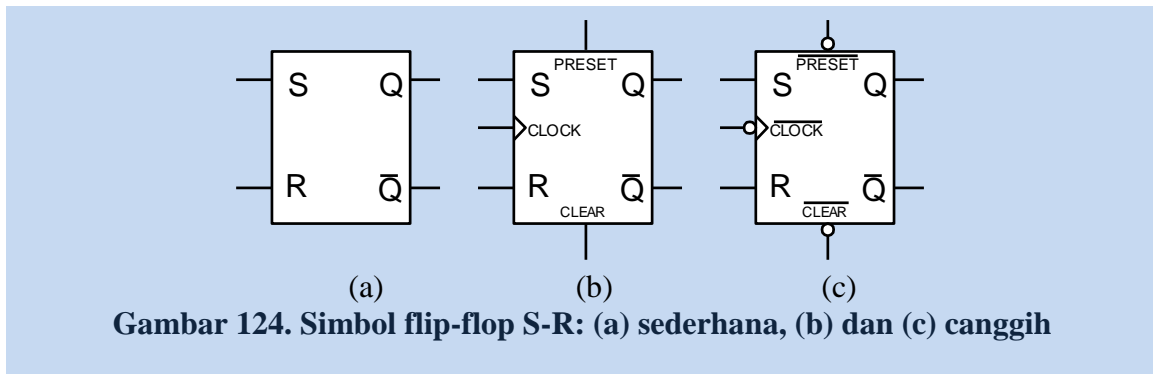
Dari gambar 122 terlihat bahwa flip-flop jenis ini memiliki fasilitas input *clock* sebagai input pengaktifan atau sinkronisasi. *Clock* adalah pulsa atau denyut listrik periodik yang berfungsi mengaktifkan elemen/rangkaian logika. Pulsa *clock* dapat digambarkan sebagai berikut:



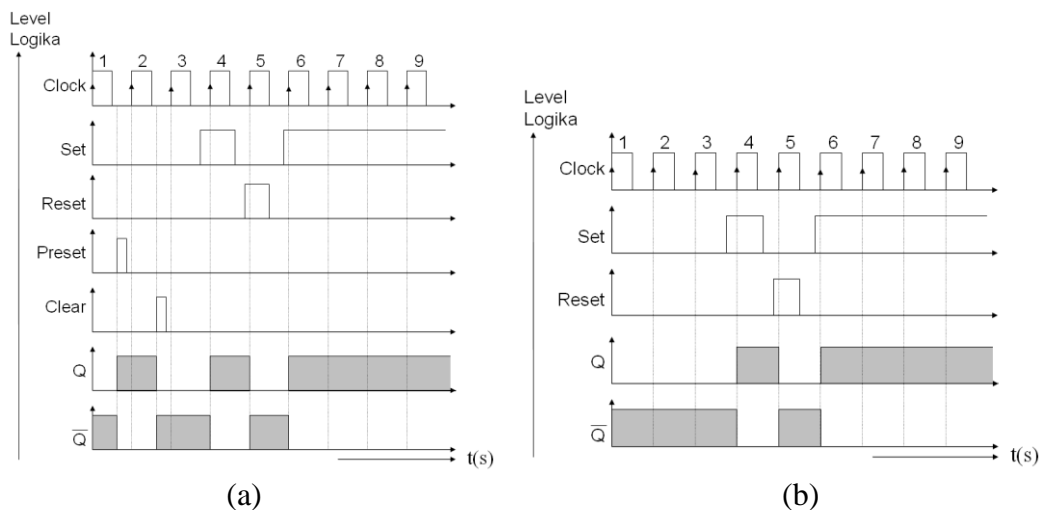
Pada gambar 123 ditunjukkan deretan pulsa *clock* terdiri atas 6 pulsa yakni pulsa ke-1 sampai dengan pulsa ke-6. Hal yang paling penting dari informasi *clock* ini adalah selain pulsa-pulsa itu memiliki periode dan lebar pulsa, juga setiap pulsa memiliki dua keadaan. Keadaan pertama adalah pulsa berubah dari keadaan rendah atau 0 ke keadaan tinggi 1, dan kejadian itu terjadi pada tepi naik atau tepi positif dari pulsa. Keadaan kedua adalah pulsa berubah dari keadaan tinggi atau 1 ke keadaan rendah atau 0, dan hal itu terjadi pada tepi turun atau tepi negatif. Pada umumnya, pengaktifan elemen logika yang dilakukan oleh *clock* hanya terjadi pada kedua peristiwa itu, artinya elemen atau rangkaian logika hanya akan aktif pada saat pulsa berubah dari 0 ke 1 atau pada saat berubah dari 1 ke 0 tergantung jenisnya. Berdasarkan pulsa pengaktifannya, elemen logika dibagi menjadi elemen-elemen yang diaktifkan pada tepi naik dinamakan elemen jenis *positive-edge triggered*, dan elemen-elemen yang diaktifkan pada tepi turun disebut elemen jenis *negative-edge triggered*. Jika suatu elemen atau rangkaian logika diaktifkan menggunakan *clock* seperti pada gambar 123, maka hanya akan terdapat 6 keadaan aktif karena *clock* tersebut hanya memiliki 6 tepi naik atau 6 tepi turun saja. Dalam hal ini, elemen logika itu akan diaktifkan tidak pada sembarang waktu namun hanya pada saat-saat tertentu saja yakni saat terjadinya tepi naik atau saat terjadinya tepi turun.

Simbol flip-flop S-R sederhana dan canggih yang dilengkapi dengan *clock* ditunjukkan pada gambar 124. Pada gambar 124 (a) diperlihatkan simbol flip-flop S-R sederhana, sedangkan gambar 124 (b) dan (c) simbol untuk flip-flop S-R canggih yang dilengkapi dengan *clock*. Gambar 124 (b) menunjukkan simbol untuk jenis *positive-edge*

triggered dengan input *preset* serta input *clear* jenis *active-high*, sedangkan gambar 124 (c) simbol untuk jenis *negative-edge triggered* dengan *preset* serta *clear* jenis *active-low*.



Untuk mempelajari watak elemen logika yang dilengkapi dengan *clock* umumnya digunakan suatu diagram waktu. Dengan menggunakan diagram waktu dapat diamati watak elemen atau rangkaian logika setiap waktu. Gambar 125 menunjukkan diagram waktu untuk flip-flop S-R yang dilengkapi dengan *clock*.

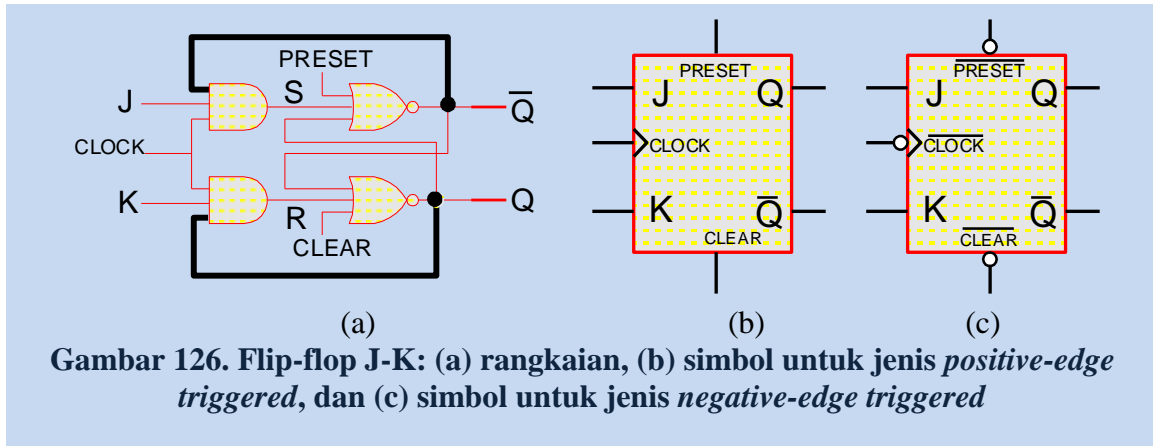


Gambar 125. Diagram waktu flip-flop S-R: (a) *preset* dan *clear* diaktifkan, dan (b) tanpa *preset* dan *clear*

3. Flip-flop J-K

Kelemahan flip-flop S-R adalah munculnya output yang tidak dapat didefinisikan ketika input S dan R tinggi untuk jenis NOR dan rendah untuk jenis NAND. Untuk menanggulangi munculnya keadaan tersebut, maka dikembangkan flip-flop J-K. Jadi,

flip-flop J-K dibangun untuk mengantisipasi keadaan *terlarang* pada flip-flop S-R, dan rangkaiannya ditunjukkan pada gambar 126.



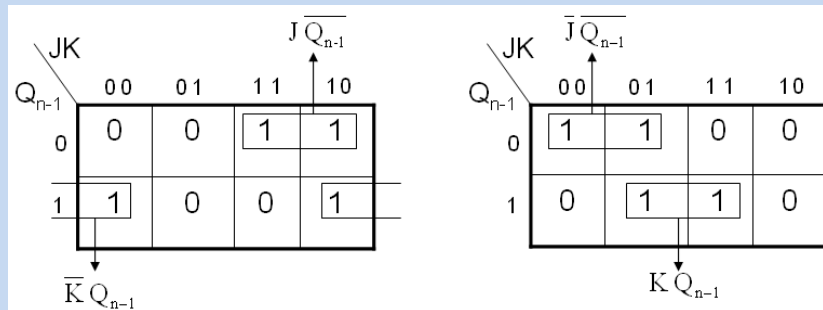
Konfigurasi tersebut telah dapat menghilangkan keadaan terlarang yang terjadi pada flip-flop S-R. Untuk melihat pengaruh pemberian J dan K pada output flip-flop, perhatikan tabel 45 berikut ini dengan asumsi *clock* bernilai tinggi, *preset* dan *clear* bernilai rendah.

Tabel 45. Tabel kebenaran flip-flop J-K

INPUT					OUTPUT		
J	K	$S = J\overline{Q_{n-1}}$	$R = KQ_{n-1}$	Q_{n-1}	Q_n	$\overline{Q_n}$	KEADAAN
1	0	1	0	0	1	0	Set ($Q_n=1$)
1	0	0	0	1	1	0	
0	1	0	1	1	0	1	Reset ($Q_n=0$)
0	1	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	1	Tetap ($Q_n=Q_{n-1}$)
0	0	0	0	1	1	0	
1	1	1	0	0	1	0	Komplemen ($Q_n=\overline{Q_{n-1}}$)
1	1	0	1	1	0	1	

Perhatikan bahwa pemberian input J=1 dan K=1 menjadikan output flip-flop melakukan pembalikan terhadap keadaan output sebelumnya.

Dari tabel 45, dengan J, K, dan Q_{n-1} sebagai input dan Q_n sebagai output, maka dapat disusun peta Karnaugh untuk menentukan persamaan output flip-flop J-K sebagai berikut:

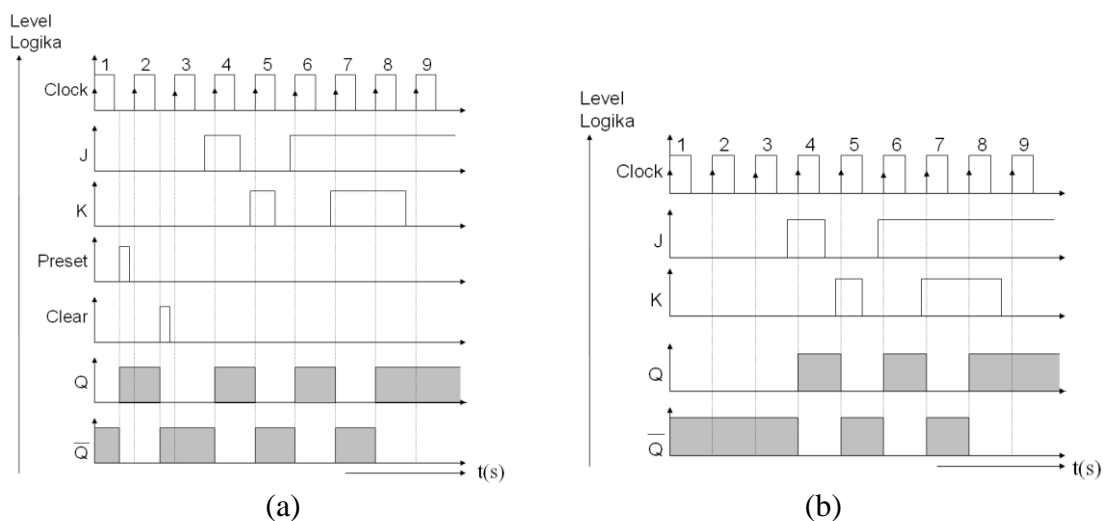


Gambar 127. Peta Karnaugh output flip-flop J-K untuk: (a) Q_n , dan (b) $\overline{Q_n}$

Dengan demikian persamaan output flip-flop J-K yang dihasilkan dari peta Karnaugh pada gambar 127 dapat dituliskan seperti pada persamaan (51).

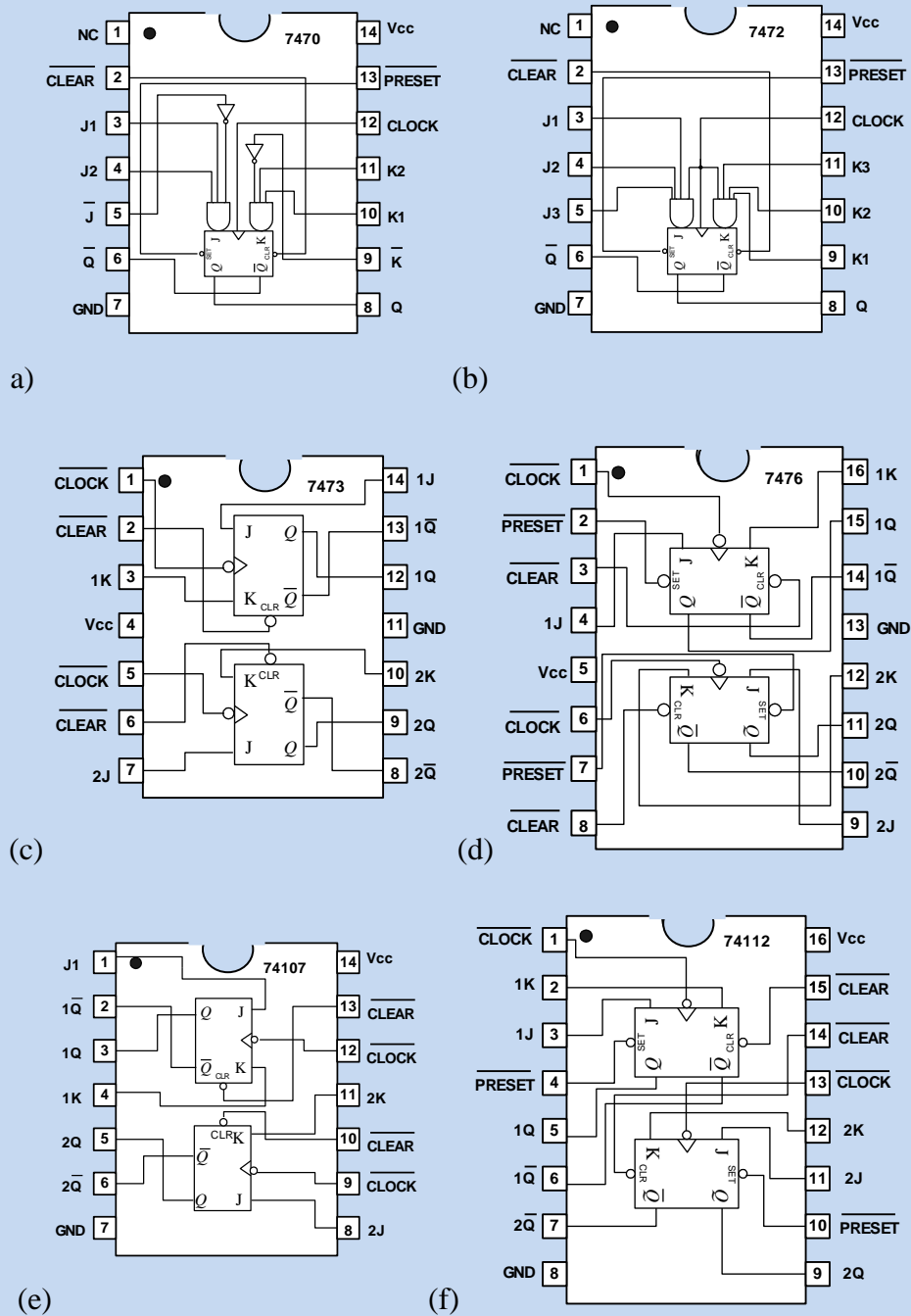
$$\begin{aligned} Q_n &= J \overline{Q_{n-1}} + \overline{K} Q_{n-1} \\ \overline{Q_n} &= \overline{J} \overline{Q_{n-1}} + K Q_{n-1} \end{aligned} \quad \text{persamaan (51)}$$

Gambar 128 adalah contoh diagram waktu dari flip-flop J-K jenis *positive-edge triggered* dan *preset*, serta *clear* jenis *active-high*. Pulsa *clock* yang diberikan sebanyak 9 buah dimulai dari pulsa ke-1 sampai dengan pulsa ke-9.



Gambar 128. Contoh diagram waktu flip-flop J-K: (a) *preset* dan *clear* diaktifkan, dan (b) tanpa *preset* dan *clear*

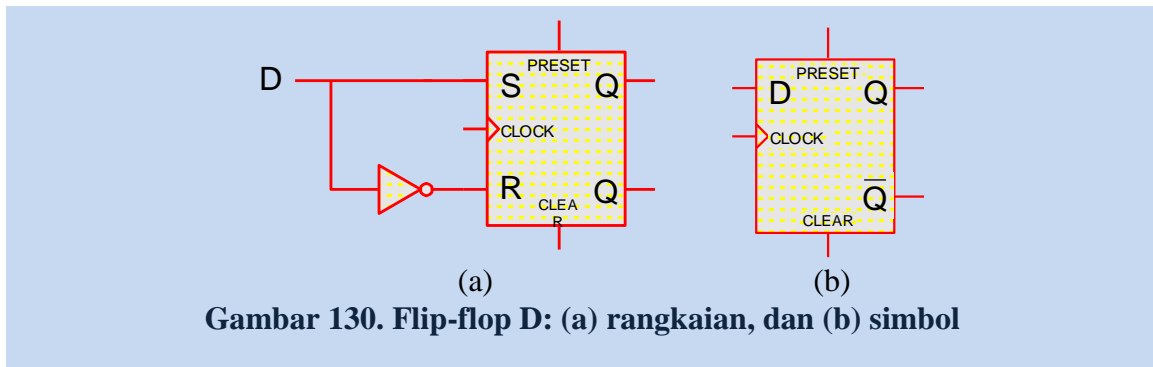
Dalam kemasan IC, flip-flop J-K disediakan oleh IC dengan nomor seri 7470 (J-K *positive-edge triggered*), 7472 (J-K *master-slave*), 7473, 7476, 74107, 74109, dan 74112 (J-K *negative-edge triggered*) dengan spesifikasi pin seperti pada gambar 129.



Gambar 129. Spesifikasi pin IC flip-flop J-K

4. Flip-flop D

Selain flip-flop S-R dan J-K terdapat pula flip-flop D. Sesuai dengan namanya, input flip-flop ini adalah D. Flip-flop D dibangun dengan menggunakan flip-flop S-R seperti ditunjukkan pada gambar 130.



Dengan adanya gerbang NOT yang masuk ke input R, maka setiap input yang diumpankan ke D akan memberikan keadaan yang berbeda pada input S dan R. Dengan demikian hanya akan terdapat dua keadaan dari S dan R yakni $S=0$ dan $R=1$ atau $S=1$ dan $R=0$. Jadi, output flip-flop D juga hanya memiliki dua keadaan yakni keadaan set atau keadaan reset. Tabel kebenaran flip-flop D ditunjukkan pada tabel 46.

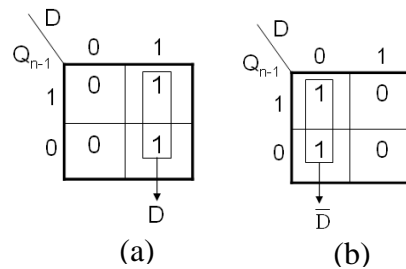
Tabel 46. tabel kebenaran flip-flop D

INPUT		OUTPUT		
D	Q_{n-1}	Q_n	$\overline{Q_n}$	KEADAAN
0	0	0	1	Reset ($Q_n=0$)
0	1	0	1	Reset ($Q_n=0$)
1	0	1	0	Set ($Q_n=1$)
1	1	1	0	Set ($Q_n=1$)

Tabel yang lebih sederhana dapat disusun seperti disajikan pada tabel 47, sedangkan peta Karnaugh untuk menentukan persamaan output Q_n dan $\overline{Q_n}$ ditunjukkan pada gambar 131.

Tabel 47. Tabel kebenaran sederhana flip-flop D

INPUT		OUTPUT	
D	Q_n	KEADAAN	
0	0	Reset ($Q_n=0$)	
1	1	Set ($Q_n=1$)	

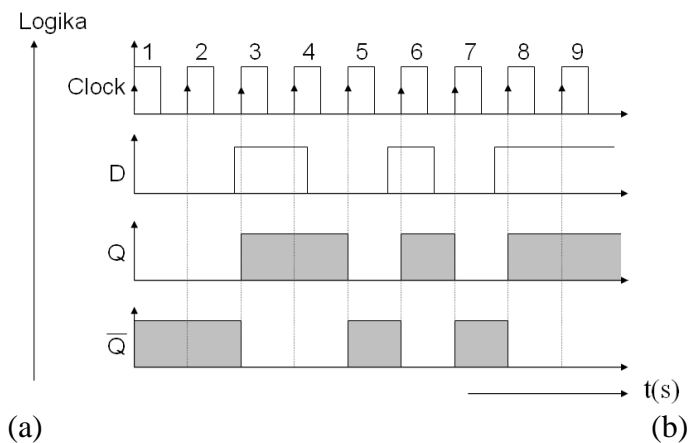
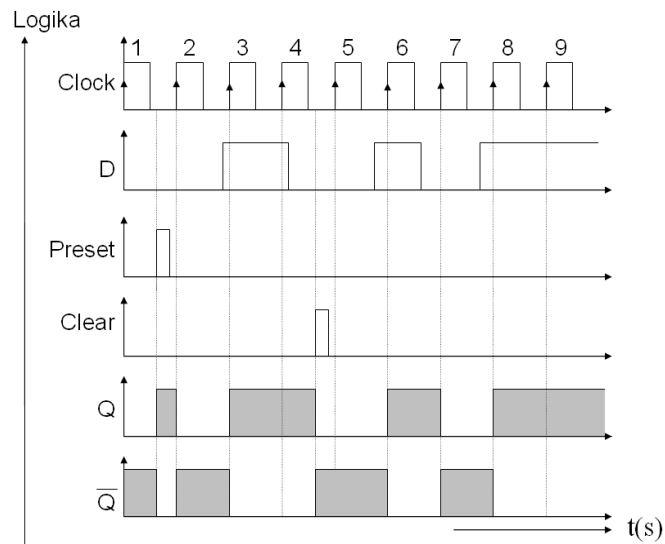


Gambar 131. Peta Karnaugh flip-flop D untuk (a) Q_n , dan (b) $\overline{Q_n}$

Berdasarkan peta Karnaugh pada gambar 131, persamaan output flip-flop D adalah:

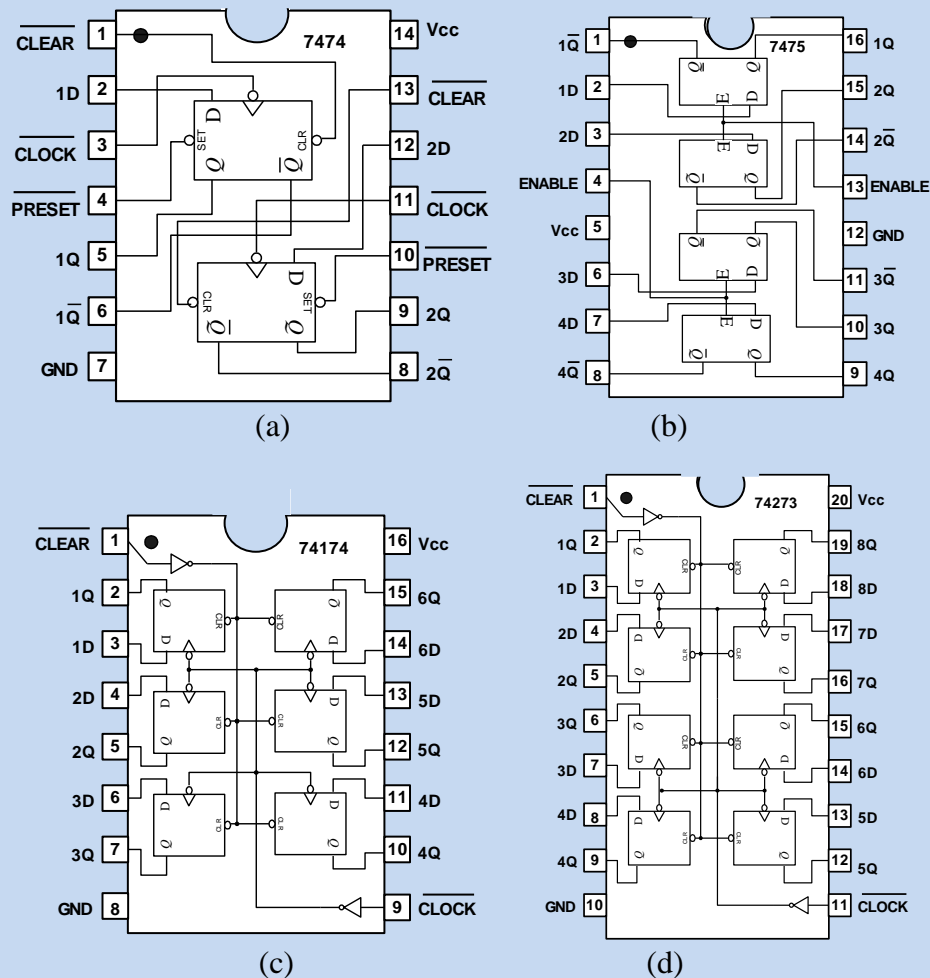
$$Q_n = D \text{ dan } \overline{Q_n} = \overline{D} \quad \text{persamaan (52)}$$

Contoh diagram waktu untuk flip-flop D ditunjukkan pada gambar 132!



Gambar 132. Contoh diagram waktu flip-flop D: (a) *preset* dan *clear* diaktifkan, (b) tanpa *preset* dan *clear*

IC yang menyediakan fungsi flip-flop D antara lain 7474, 7475, 74174, 74175, 74273, 74363, 74364, 74373, 74374, dan 74377. Spesifikasi pin seri-seri IC tersebut ditunjukkan pada gambar 133.

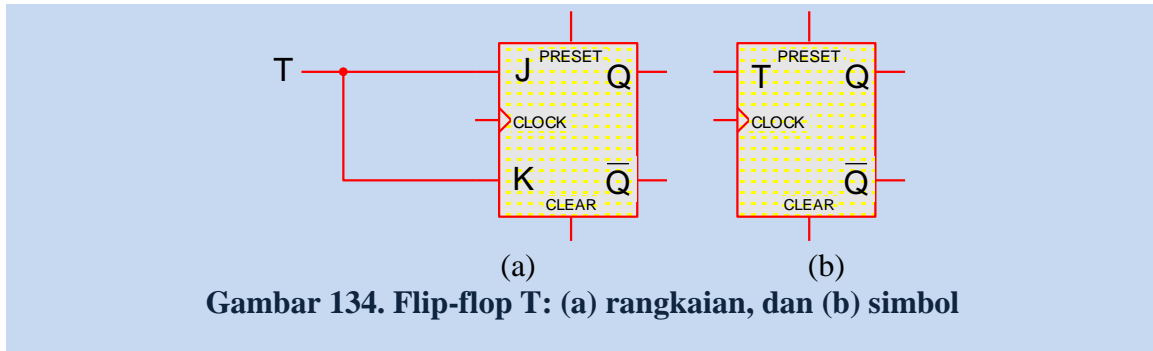


Gambar 133. Spesifikasi pin IC flip-flop D: (a) 7474, (b) 7475, (c) 74174, 74175, (d) 74273, 74363, 74364, 74373, 74374, dan 74377

5. Flip-flop T

Telah dibahas di muka bahwa flip-flop J-K memiliki watak membalik keadaan output sebelumnya jika input J dan K diberi nilai tinggi. Dengan menggunakan flip-flop J-K yang kedua inputnya dihubungkan menjadi satu maka akan diperoleh flip-flop yang memiliki watak membalik output sebelumnya jika inputnya tinggi, dan outputnya akan

tetap jika inputnya rendah. Flip-flop yang berfungsi seperti itu dinamakan flip-flop T. Rangkaian flip-flop T ditunjukkan pada gambar 134, dan tabel kebenarannya dapat diperoleh berdasarkan tabel kebenaran flip-flop J-K. Oleh karena flip-flop T merupakan flip-flop J-K dengan dua keadaan yakni $J=0, K=0$ dan $J=1, K=1$, maka tabel kebenaran flip-flop T adalah tabel kebenaran flip-flop J-K dengan dua keadaan tersebut!



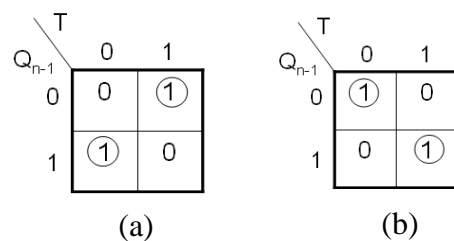
Tabel 48. Tabel kebenaran flip-flop T

INPUT		OUTPUT		
T	Q_{n-1}	Q_n	$\overline{Q_n}$	KEADAAN
0	0	0	1	Tetap($Q_n=Q_{n-1}$)
0	1	1	0	Tetap($Q_n=Q_{n-1}$)
1	0	1	0	Membalik ($Q_n = \overline{Q_{n-1}}$)
1	1	0	1	Membalik ($Q_n = \overline{Q_{n-1}}$)

Tabel kebenaran yang lebih sederhana untuk flip-flop T dapat disajikan dalam bentuk seperti pada tabel 49, sedangkan peta Karnaugh untuk menentukan persamaan output flip-flop J-K ditunjukkan pada gambar 135.

Tabel 49. Tabel kebenaran sederhana flip-flop T

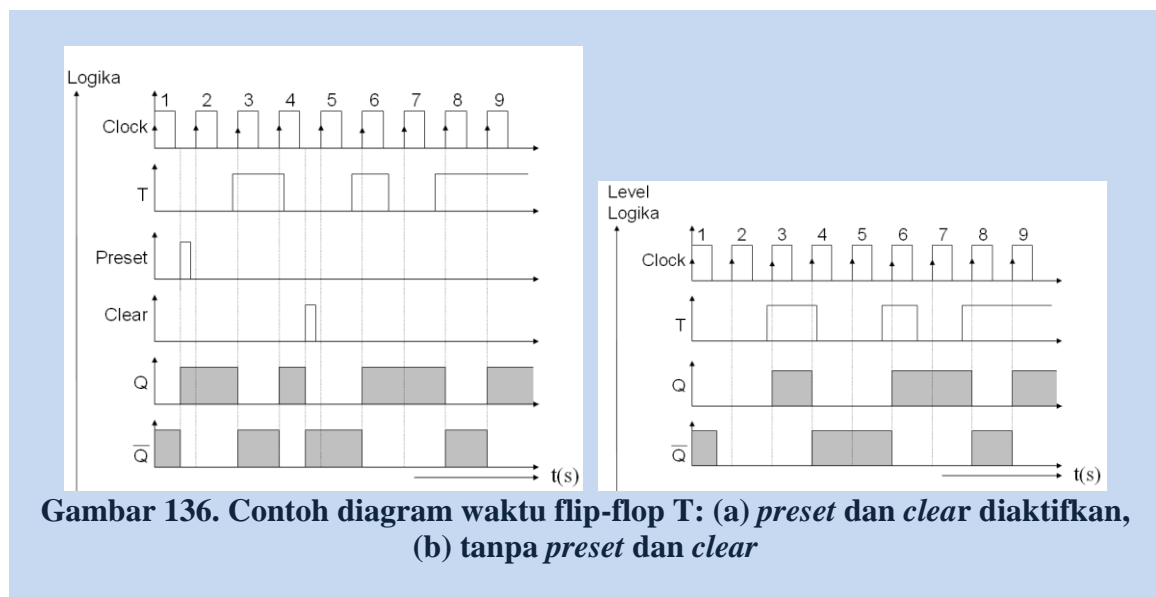
INPUT		OUTPUT	
T	Q_n	KEADAAN	
0	Q_{n-1}	Tetap	
1	$\overline{Q_{n-1}}$	Membalik	



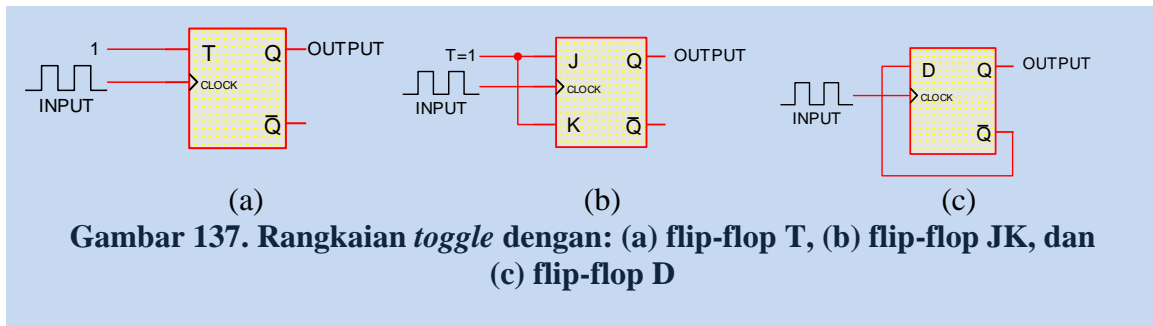
Dari peta Karnaugh pada gambar 135 terlihat bahwa persamaan output flip-flop T bentuknya adalah SOP standar karena semua minterm yang ada terisolasi, sehingga:

$$\begin{aligned} Q_n &= T \overline{Q_{n-1}} + \overline{T} Q_{n-1} \\ \overline{Q_n} &= \overline{T} \overline{Q_{n-1}} + T Q_{n-1} \end{aligned} \quad \text{persamaan (53)}$$

Pengaruh pemberian keadaan input terhadap output flip-flop T dapat ditunjukkan dengan contoh diagram waktu seperti pada gambar 136.



Jika input flip-flop T dipertahankan tinggi, maka setiap terjadinya pulsa *clock* akan menyebabkan keadaan outputnya berubah. Dalam banyak aplikasi diperlukan elemen yang memiliki watak sebagai *toggle* (saklar dua keadaan) yakni outputnya berubah setiap suatu input *clock* diumpangkan. Implementasi elemen tersebut dapat dilakukan dalam berbagai bentuk. Bentuk pertama adalah menggunakan flip-flop J-K yang membentuk konfigurasi flip-flop T dengan $T=1$, dan bentuk kedua menggunakan flip-flop D yang komplemen outputnya diumpangkan ke input D. Gambar 137 menunjukkan berbagai implementasi elemen yang dapat melakukan pembalikan terhadap keadaan output sebelumnya untuk setiap terjadinya pulsa *clock*.

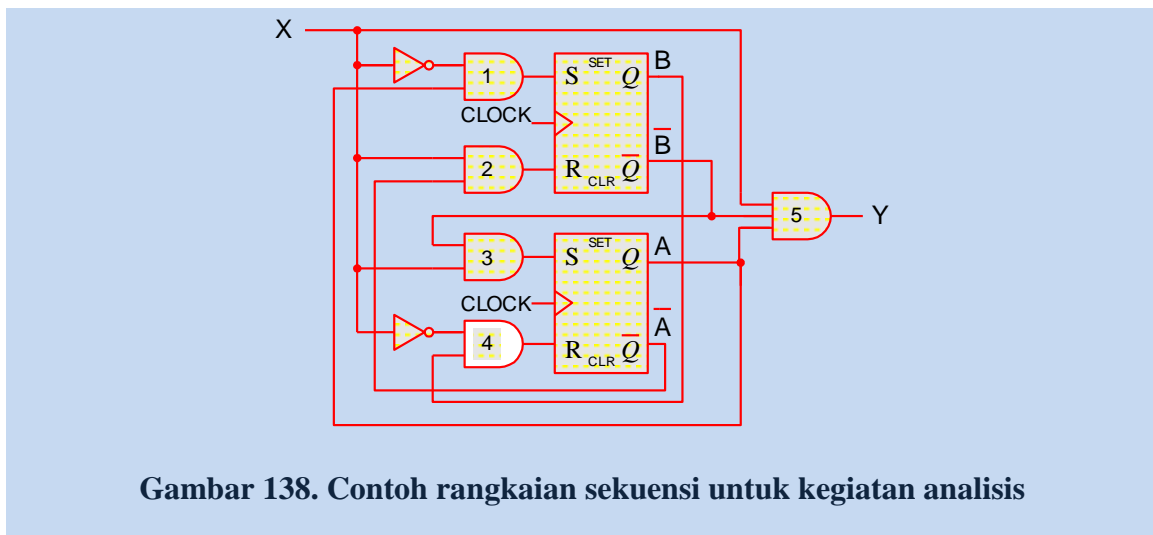


C. Analisis Rangkaian Sekuensi

Analisis rangkaian logika sekuensi merupakan kegiatan mengidentifikasi watak rangkaian logika sekuensi. Dengan melakukan analisis, suatu rangkaian logika sekuensi dapat segera diketahui wataknya sehingga mudah di dalam mempelajarinya. Prosedur analisis rangkaian logika sekuensi mencakup penyusunan tabel keadaan (*state table*) dari suatu rangkaian sekuensi yang diketahui, penggambaran diagram transisi keadaan (*state transition diagram*) dari tabel keadaan yang diperoleh, dan penurunan persamaan keadaan serta persamaan output yang mencerminkan karakteristik dari rangkaian sekuensi yang dianalisis. Agar Anda dapat memperoleh pemahaman yang baik terhadap cara analisis rangkaian logika sekuensi, berikut ini akan diperkenalkan dua buah contoh analisis.

Contoh pertama:

Lakukan analisis terhadap rangkaian sekuensi pada gambar 138 berikut ini!



Langkah pertama kegiatan analisis rangkaian logika sekuensi adalah menentukan terlebih dahulu tabel keadaan. Selain variabel input dan output, dalam tabel keadaan terkandung informasi tentang keadaan sebelumnya dan keadaan sekarang dari variabel-variabel keadaan yakni output dari elemen penyimpannya. Untuk menyusun tabel keadaan, perlu dimisalkan keadaan awal atau keadaan sebelumnya dari output flip-flop penyusunnya. Dalam berbagai aplikasi, keadaan awal umumnya bernilai 0, dan untuk memperoleh keadaan tersebut flip-flop dilengkapi dengan fasilitas *clear* dan *preset*. Namun demikian beberapa rangkaian logika sekuensi memiliki keadaan awal yang berbeda dan bahkan keadaan awalnya ada yang tidak didefinisikan. Walaupun terdapat keadaan awal yang beragam namun tetap dapat digunakan untuk keperluan analisis rangkaian sekuensi. Dalam contoh ini keadaan awal ditentukan bernilai 0, artinya output kedua flip-flop S-R pada rangkaian bernilai 0 sehingga $A_{n-1}=0$ dan $B_{n-1}=0$.

Agar lebih mudah di dalam menentukan keadaan sekarang dari output rangkaian Y maupun output flip-flop A_n dan B_n , perlu dirumuskan terlebih dahulu persamaan output AND 1, AND 2, AND 3, AND 4, dan AND 5. Dari rangkaian gambar 138 dapat diperoleh persamaan (54).

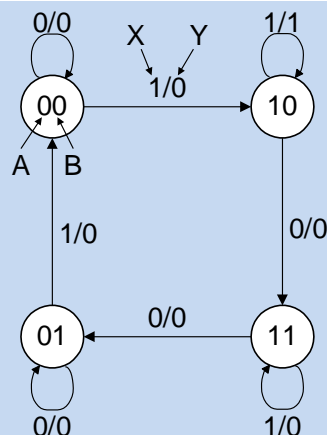
$$\begin{aligned} S_B &= \overline{X} A_{n-1} \\ R_B &= X \overline{A_{n-1}} \\ S_A &= X \overline{B_{n-1}} \\ R_A &= \overline{X} B_{n-1} \\ Y &= X A_{n-1} \overline{B_{n-1}} \end{aligned} \quad \text{persamaan (54)}$$

Dari persamaan (54) dapat ditentukan tabel keadaan berikut ini:

Tabel 50. Tabel keadaan rangkaian gambar 138

KEADAAN SEBELUMNYA		KEADAAN SEKARANG				OUTPUT	
		X=0		X=1		X=0	X=1
A_{n-1}	B_{n-1}	A_n	B_n	A_n	B_n	Y	Y
0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1	0	0

Berdasarkan tabel keadaan yang diperoleh tersebut dapat disusun diagram transisi keadaan yang mencerminkan perubahan-perubahan yang terjadi setiap rangkaian sekuensi itu memperoleh pulsa pemicuan dari *clock*. Diagram transisi keadaan untuk tabel 50 disajikan pada gambar 139. Cara melukis diagram transisi keadaan dimulai dari keadaan awal atau keadaan sebelumnya. Pada contoh ini keadaan sebelumnya dari output flip-flop A dan B adalah $A_{n-1}=0$ dan $B_{n-1}=0$ atau disingkat 00. Dari baris ke-1 tabel 50 terlihat bahwa untuk $X=0$ akan memberikan output $Y=0$ dan untuk keadaan sebelumnya 00 tidak memberikan perubahan pada output flip-flop A dan B pada keadaan sekarang. Keadaan ini digambarkan dengan menggunakan lingkaran kiri atas yang di dalamnya terdapat simbol keadaan sebelumnya yakni 00, dan karena tidak ada perubahan maka di atas lingkaran tersebut diberi tanda lup yang di atasnya diberi tanda 0/0 yang menunjukkan keadaan tersebut berlaku untuk $X=0$ (angka 0 sebelah kiri) dan menghasilkan output $Y=0$ (angka 0 sebelah kanan). Selanjutnya, untuk $X=1$ keadaan sebelumnya 00 memberikan perubahan 10 pada output kedua flip-flop dan memberikan nilai $Y=0$. Diagramnya digambar dengan cara memberi tanda panah dari lingkaran kiri atas ke lingkaran kanan atas yang di dalamnya dicantumkan nilai perubahannya yakni 10, dan di atas garis berpanah tersebut diberi tanda 1/0 yang menunjukkan input $X=1$ dan output $Y=0$. Jika keadaan-keadaan semua baris pada tabel 50 dituangkan dalam diagram transisi keadaan, maka akan diperoleh diagram seperti pada gambar 139.



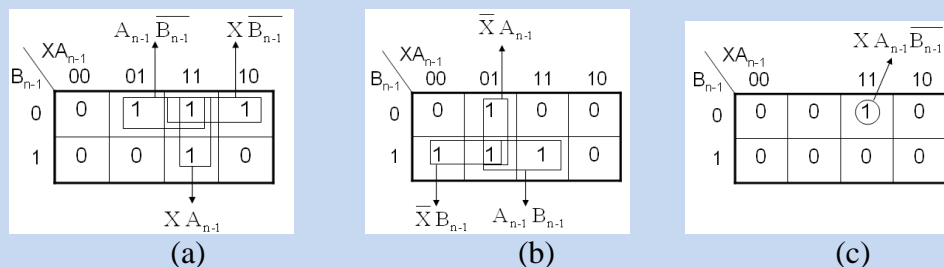
Gambar 139. Diagram transisi keadaan untuk tabel 50.

Dengan menggunakan diagram transisi keadaan tersebut, maka watak rangkaian sekuensi dapat segera diidentifikasi. Dari diagram itu terlihat dengan jelas pengaruh pemberian input dan keadaan sebelumnya terhadap output rangkaian. Selain menggunakan diagram transisi keadaan, watak rangkaian sekuensi juga dapat dicerminkan oleh persamaan keadaan dan persamaan outputnya. Untuk menurunkan persamaan-persamaan tersebut, tabel 50 perlu disesuaikan menjadi tabel 51.

Tabel 51. Tabel keadaan penyesuaian dari tabel 50

INPUT	KEADAAN SEBELUMNYA		KEADAAN SEKARANG		OUTPUT
X	A _{n-1}	B _{n-1}	A _n	B _n	Y
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0

Untuk memperoleh persamaan output, dari tabel 51 disusun terlebih dahulu peta Karnaugh untuk A_n , B_n , dan Y. Perlu dikemukakan bahwa persamaan output rangkaian sekuensi terdiri atas output rangkaian dan output dari elemen-elemen penyimpannya yang menunjukkan pengaruh pemberian input terhadap perubahan keadaan sebelumnya ke keadaan sekarang.



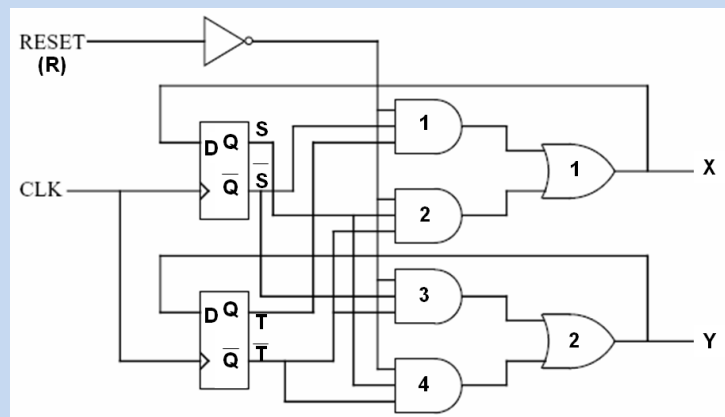
Gambar 140. Peta Karnaugh tabel 51 untuk (a) A_n , (b) B_n , dan (c) Y

Dari peta Karnaugh tersebut, persamaan output rangkaian sekuensi pada gambar 140 dapat ditulis seperti pada persamaan (55).

$$\begin{aligned} A_n &= A_{n-1} \overline{B_{n-1}} + X \overline{B_{n-1}} + X A_{n-1} \\ B_n &= A_{n-1} B_{n-1} + \overline{X} A_{n-1} + \overline{X} B_{n-1} \\ Y &= X A_{n-1} \overline{B_{n-1}} \end{aligned} \quad \text{persamaan (55)}$$

Contoh kedua:

Lakukan analisis terhadap rangkaian logika sekuensi pada gambar 141!



Gambar 141. Rangkaian untuk contoh analisis kedua

Seperti pada contoh pertama, pada contoh kedua ini analisis rangkaian juga diawali dengan menyusun terlebih dahulu tabel keadaan. Berdasarkan rangkaian pada gambar 141 dapat disusun tabel keadaan seperti pada tabel 52. Perhatikan bahwa rangkaian sekuensi pada contoh ini menggunakan flip-flop D sebagai elemen penyimpannya. Sesuai dengan watak flip-flop D, hal itu berarti output flip-flop sekarang sama dengan input D sebelumnya. Oleh karena input D flip-flop itu diambilkan dari output X dan input D flip-flop lainnya diambilkan dari output Y, maka output flip-flop S sama dengan output X dan output flip-flop T sama dengan output Y.

Untuk reset (R) bernilai tinggi maka X dan Y bernilai 0 karena semua gerbang AND dalam keadaan *disable* yakni pada input gerbang-gerbang AND tersebut terdapat nilai 0 sehingga outputnya 0. Untuk keadaan ini, pada tabel keadaan diisi nilai 0 semua pada kolom keadaan sekarang dan kolom output X dan Y bagian R=1.

Jika $R=0$, dan keadaan sebelumnya $S_{n-1}=0$ dan $T_{n-1}=0$, maka pada input gerbang AND 1 dan AND 2 terdapat nilai 0 sehingga $X=0$. Pemberian nilai tersebut juga menyebabkan semua input AND 3 bernilai 1 sehingga output gerbang ini bernilai 1, dan walaupun output gerbang AND 4 bernilai 0, namun karena output gerbang AND 3 dan AND 4 dioperasikan dengan gerbang OR maka output $Y=1$. Karena $S_n=X$ dan $T_n=Y$ maka $S_n=0$ dan $T_n=1$. Keadaan-keadaan tersebut tercantum pada tabel 52 baris ke-1.

Selanjutnya, jika $R=0$, $S_{n-1}=0$ dan $T_{n-1}=1$ akan menyebabkan output AND 1 bernilai 1 dan output AND 2 bernilai 0 sehingga $X=1$, dan output AND 3 serta AND 4 bernilai 0 sehingga $Y=0$. Pemberian nilai-nilai tersebut juga akan menyebabkan $S_n=1$ dan $T_n=0$. Keadaan-keadaan itu tertuang pada baris ke-2 tabel 52.

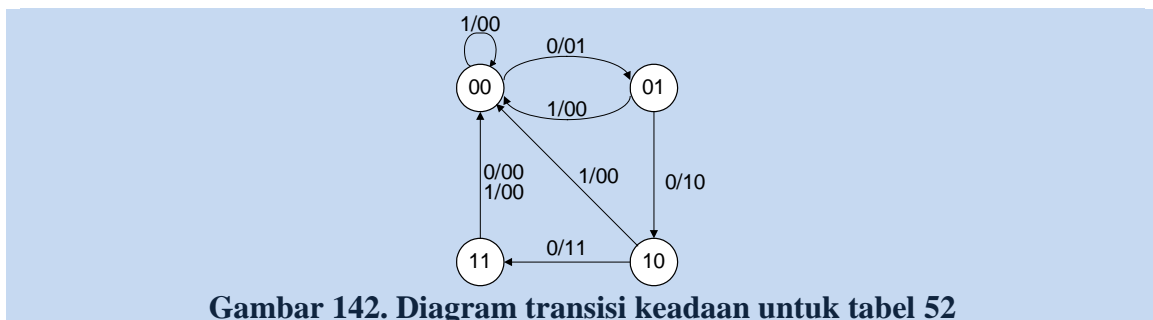
Seterusnya, jika $R=0$, $S_{n-1}=1$ dan $T_{n-1}=0$ akan menjadikan output gerbang AND 1 rendah dan output gerbang AND 2 tinggi sehingga $X=1$, dan output AND 3 rendah serta output AND 4 tinggi sehingga $Y=1$. Oleh karena $X=1$ dan $Y=1$ maka $S_n=1$ dan $T_n=0$. Keadaan-keadaan tersebut tercantum pada baris ke-3 tabel 52.

Terakhir, jika $R=0$, $S_{n-1}=1$ dan $T_{n-1}=1$ akan menyebabkan semua output gerbang AND bernilai 0 sehingga $X=0$ dan $Y=0$ serta $S_n=0$ dan $T_n=0$.

Tabel 52. Tabel keadaan rangkaian pada gambar 141

KEADAAN SEBELUMNYA		KEADAAN SEKARANG				OUTPUT			
		R=0		R=1		R=0		R=1	
S_{n-1}	T_{n-1}	S_n	T_n	S_n	T_n	X	Y	X	Y
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Dari tabel keadaan tersebut dapat dilukis diagram transisi keadaan seperti ditunjukkan pada gambar 142.



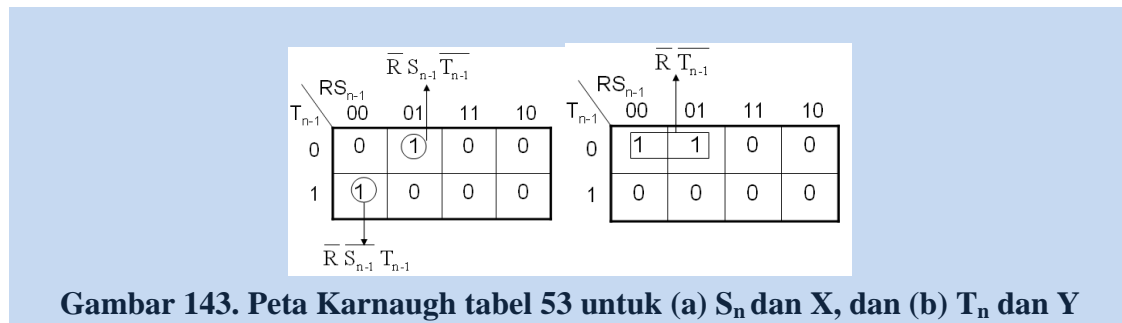
Gambar 142. Diagram transisi keadaan untuk tabel 52

Untuk menurunkan persamaan keadaan dan persamaan output, dilakukan penyesuaian tabel 52 menjadi tabel 53.

Tabel 53. Tabel keadaan penyesuaian dari tabel 52

INPUT	KEADAAN SEBELUMNYA		KEADAAN SEKARANG		OUTPUT	
X	S _{n-1}	T _{n-1}	S _n	T _n	X	Y
0	0	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	0
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0

Peta Karnaugh untuk tabel 53 dapat dilukis seperti pada gambar 143.



Gambar 143. Peta Karnaugh tabel 53 untuk (a) S_n dan X, dan (b) T_n dan Y

Berdasarkan peta Karnaugh pada gambar 143, persamaan keadaan dan persamaan output rangkaian sekuensi gambar 141 dapat ditulis seperti pada persamaan (56).

$$S_n = \overline{R} \overline{S}_{n-1} T_{n-1} + \overline{R} S_{n-1} \overline{T}_{n-1}$$

$$T_n = \overline{R} \overline{T}_{n-1}$$

$$X = \overline{R} \overline{S}_{n-1} T_{n-1} + \overline{R} S_{n-1} \overline{T}_{n-1}$$

$$Y = \overline{R} \overline{T}_{n-1}$$

persamaan (56)

Hasil akhir analisis rangkaian yang berbentuk tabel keadaan, diagram transisi keadaan, maupun persamaan output tersebut telah menunjukkan bahwa rangkaian yang dianalisis bersifat sebagai *counter* yang berfungsi menghitung pulsa yang memicunya. Terlihat bahwa hanya sebanyak 4 buah pulsa yang mampu dihitungnya sehingga rangkaian tersebut dinamakan *counter* modulo-4. Selain dengan menggunakan

pendekatan teoritis seperti yang telah dilakukan di atas, analisis rangkaian ini juga dapat dilakukan secara eksperimen.

D. Perancangan Rangkaian Sekuensi

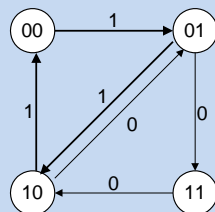
Perancangan rangkaian sekuensi dimaksudkan untuk memperoleh rangkaian logika sekuensi dari suatu watak rangkaian yang telah ditetapkan. Prosedur kegiatan perancangan ini umumnya diawali dengan pendefinisian atau penetapan watak rangkaian logika sekuensi yang akan dirancang. Langkah ini dapat berbentuk penyusunan tabel kebenaran, tabel keadaan atau diagram transisi keadaan. Langkah berikutnya adalah penentuan spesifikasi elemen penyimpan mencakup banyak dan jenis flip-flop yang digunakan, dan penyusunan tabel eksitasi flip-flop untuk menentukan fungsi input flip-flop penyusun rangkaian dan fungsi output rangkaian. Langkah terakhir adalah penggambaran rangkaian sekuensi atas dasar persamaan output dan fungsi-fungsi input flip-flop yang diperoleh.

Contoh:

Rancanglah rangkaian logika sekuensi dengan dua buah flip-flop dan sebuah input R. Untuk setiap adanya pulsa *clock*, jika R=1 output kedua flip-flop akan memberikan nilai desimal dengan urutan 0, 1, 2, dan kembali ke urutan semula. Apabila R=0, output kedua flip-flop akan bernilai desimal 3, 2, 1, dan kembali ke urutan semula.

Jawab:

Berdasarkan definisi watak tersebut, dapat dilukis diagram transisi keadaannya seperti pada gambar 144. Perhatikan bahwa rangkaian ini tidak memiliki output pada bagian logika kombinasinya, dan hanya memiliki output pada masing-masing flip-flopnya saja sehingga pada setiap garis yang menunjukkan transisi keadaan hanya dicantumkan keadaan inputnya saja yakni 1 atau 0.



Gambar 144. Diagram transisi keadaan untuk rangkaian yang sedang dirancang

Berdasarkan diagram transisi yang diperoleh pada gambar 144, dapat diturunkan tabel keadaan seperti disajikan pada tabel 54. Pada tabel tersebut digunakan notasi $Q_{1(n-1)}$ dan $Q_{0(n-1)}$ yang menunjukkan keadaan sebelumnya dari output flip-flop 1 dan output flip-flop 0 serta $Q_{1(n)}$ dan $Q_{0(n)}$ yang merupakan keadaan sekarang dari output kedua flip-flop. Karena untuk keadaan sebelumnya yakni $Q_{1(n-1)}=0$ dan $Q_{0(n-1)}=0$, serta $R=0$, tidak terdapat peristiwa transisi keadaan, maka pada keadaan sekarang output flip-flop $Q_{1(n)}$ dan $Q_{0(n)}$ diberi tanda X, sedangkan untuk $R=1$ akan menyebabkan output sekarang dari kedua flip-flop bernilai 01. Keadaan-keadaan tersebut tertuang pada baris ke-1 tabel 54. Untuk keadaan sebelumnya $Q_{1(n-1)}=0$, $Q_{0(n-1)}=1$, dan $R=0$ memberikan keadaan sekarang 11, dan untuk $R=1$ memberikan keadaan sekarang 10. Keadaan-keadaan tersebut tertulis pada baris ke-2 tabel 54. Selanjutnya, untuk keadaan sebelumnya 10, jika $R=0$ akan memberikan keadaan sekarang 01, dan jika $R=1$ akan memberikan keadaan sekarang 00 seperti tercantum pada baris ke-3 tabel 54. Seterusnya, jika keadaan sebelumnya 11, dan $R=0$ akan memberikan keadaan sekarang 10, tetapi untuk $R=1$ tidak terdapat transisi keadaan sehingga pada keadaan sekarang diberi tanda X.

Tabel 54. Tabel keadaan rangkaian yang sedang dirancang

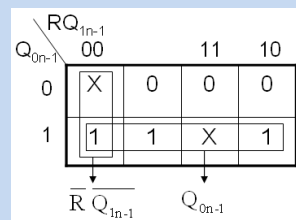
KEADAAN SEBELUMNYA		KEADAAN SEKARANG			
		R=0		R=1	
$Q_{1(n-1)}$	$Q_{0(n-1)}$	$Q_{1(n)}$	$Q_{0(n)}$	$Q_{1(n)}$	$Q_{0(n)}$
0	0	X	X	0	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	X	X

Atas dasar tabel keadaannya dapat disusun tabel eksitasi dari flip-flop. Dalam hal ini flip-flop yang digunakan sebanyak dua buah dan jenisnya adalah flip-flop D yang memiliki watak setiap kali adanya pulsa *clock*, keadaan outputnya sama dengan keadaan inputnya. Tabel eksitasi ditunjukkan pada tabel 55. Pada tabel tersebut terlihat bahwa keadaan input kedua flip-flop yang diisikan sama dengan keadaan sekarang dari output flip-flop, hal itu karena watak flip-flop D akan memberikan output yang sama nilainya dengan input D setiap suatu pulsa *clock* diberikan.

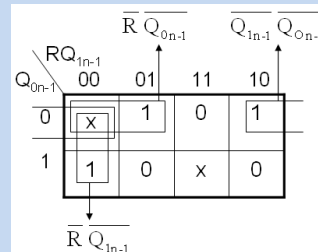
Tabel 55. Tabel eksitasi flip-flop D untuk tabel 54

INPUT	KEADAAN SEBELUMNYA		KEADAAN SEKARANG		KEADAAN INPUT FLIP-FLOP	
	R	Q_{1n-1}	Q_{0n-1}	Q_{1n}	Q_{0n}	
0	0	0	0	X	X	X
0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	1	0
1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	X	X	X

Setelah diperoleh tabel eksitasi, langkah selanjutnya adalah menggambar peta Karnaugh untuk menentukan fungsi input flip-flop dan fungsi output rangkaian. Dalam hal ini telah ditentukan bahwa output rangkaian sama dengan output masing-masing flip-flop yakni Q_{1n} dan Q_{0n} . Peta Karnaugh untuk D1, dan D0 ditunjukkan pada gambar 145.



(a)



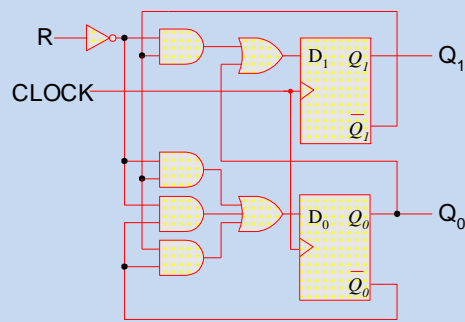
(b)

Gambar 145. Peta Karnaugh tabel 69 untuk (a) D₁ dan (b) D₀

Dari peta Karnaugh pada gambar 145, dapat ditentukan fungsi input dari D1 dan D2 seperti ditunjukkan pada persamaan (57).

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \overline{R} \overline{Q_{1n-1}} + Q_{0n-1} \\
 D_0 &= \overline{R} \overline{Q_{1n-1}} + \overline{R} \overline{Q_{0n-1}} + \overline{Q_{1n-1}} \overline{Q_{0n-1}}
 \end{aligned}
 \quad \text{persamaan (57)}$$

Dengan menggunakan persamaan (57) dapat disusun rangkaian sekuensi hasil rancangan seperti pada gambar 146.



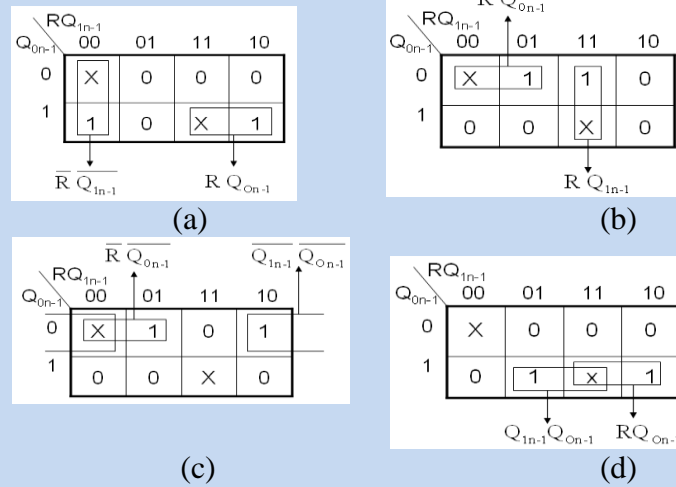
Gambar 146. Rangkaian sekuensi hasil rancangan dengan flip-flop D

Bagaimana rangkaiannya jika elemen penyimpannya menggunakan flip-flop J-K? Untuk menyusun rangkaian sekuensi tersebut dengan menggunakan flip-flop J-K, perlu disusun terlebih dahulu tabel eksitasi flip-flop J-K seperti pada tabel 56.

Tabel 56. Tabel eksitasi flip-flop J-K untuk tabel 54

INPUT	KEADAAN SEBELUMNYA		KEADAAN SEKARANG		KEADAAN INPUT FLIP-FLOP			
R	Q_{1n-1}	Q_{0n-1}	Q_{1n}	Q_{0n}	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	X	X	X	X	X	X
0	0	1	1	1	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	1	1	0
0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	1	1	0	1	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	X	X	X	X	X	X

Karena menggunakan flip-flop J-K, maka pengisian keadaan input flip-flop berdasarkan watak flip-flop J-K. Perhatikan baris ke-2 tabel 56! Untuk $R=0$ dan keadaan sebelumnya $Q_{1n-1}=0$ dan $Q_{0n-1}=1$ menyebabkan keadaan sekarang $Q_{1n}=1$ dan $Q_{0n}=1$. Keadaan tersebut memberikan arti bahwa output flip-flop 1 dalam keadaan set sehingga keadaan inputnya adalah $J_1K_1=10$ dan flip-flop 0 keadaan outputnya tetap sehingga $J_0K_0=00$. Dengan menggunakan cara seperti yang telah dijelaskan untuk baris ke-2 tersebut, dapat dihasilkan keadaan input flip-flop untuk semua keadaan yang mungkin dan hasilnya dituangkan pada tabel 56. Berdasarkan tabel 56, dapat disusun peta Karnaugh untuk J_1 , K_1 , J_0 , dan K_0 seperti pada gambar 147.



Gambar 147. Peta Karnaugh untuk (a) J_1 , (b) K_1 , (c) J_0 , dan (d) K_0

Dari peta Karnaugh pada gambar 147 dapat diperoleh fungsi input kedua flip-flop, dan persamaan tersebut disajikan pada persamaan (58).

$$J_1 = \overline{R} \overline{Q_{1n-1}} + RQ_{0n-1}$$

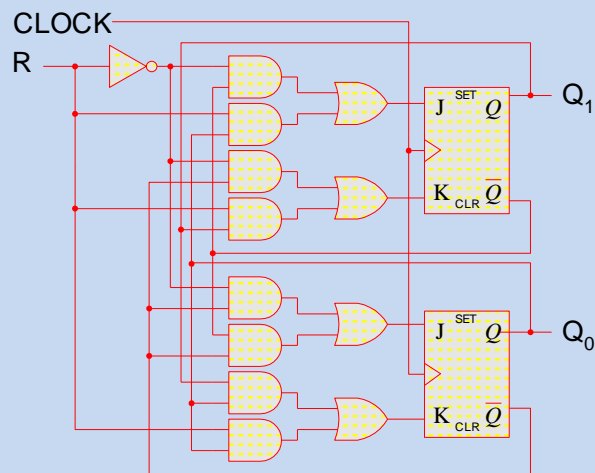
$$K_1 = \overline{R} Q_{0n-1} + RQ_{1n-1}$$

$$J_0 = \overline{R} \overline{Q_{0n-1}} + Q_{1n-1} \overline{Q_{0n-1}}$$

$$K_0 = Q_{1n-1} Q_{0n-1} + RQ_{0n-1}$$

persamaan (58)

Dengan menggunakan persamaan (58) dapat disusun rangkaian sekuensi hasil rancangan seperti ditunjukkan pada gambar 148.



Gambar 148. Rangkaian sekuensi hasil rancangan dengan flip-flop J-K

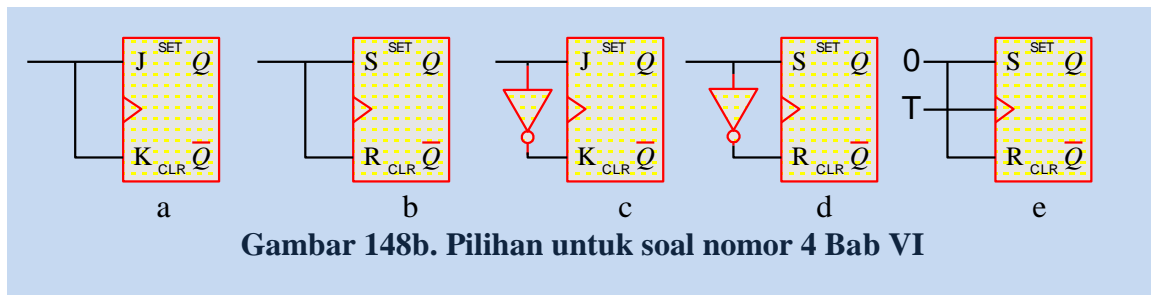
Pada contoh perancangan rangkaian sekuensi ini telah dihasilkan dua buah rangkaian sekuensi yang memberikan watak sama sesuai dengan diagram transisi keadaan yang ditetapkan. Berdasarkan contoh perancangan rangkaian logika sekuensi yang telah dikemukakan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa prosedur perancangan rangkaian logika sekuensi meliputi pendefinisian watak rangkaian, penurunan definisi ke tabel keadaan, penentuan jumlah dan jenis flip-flop yang digunakan, penurunan tabel eksitasi flip-flop, penurunan fungsi input flip-flop dan output rangkaian, dan penggambaran rangkaian atas dasar persamaan yang diperoleh.

E. Soal Latihan

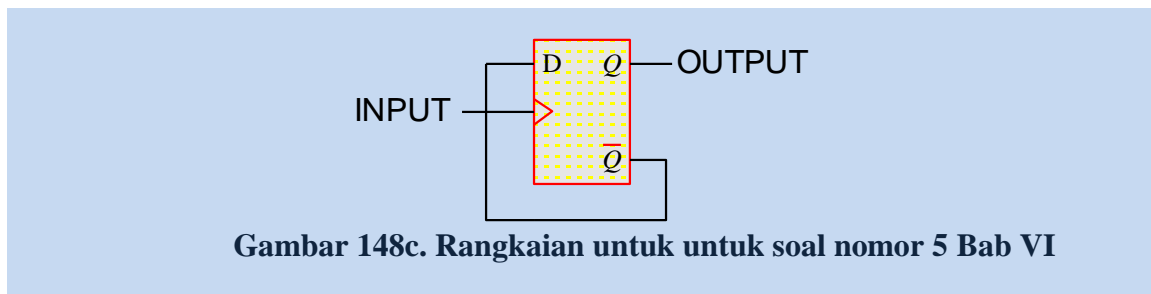
Soal nomor 1 sampai dengan nomor 5 adalah jenis pilihan ganda. Kerjakan dengan cara memilih satu jawaban yang paling tepat dari opsi yang tersedia.

1. Definisi flip-flop yang paling tepat adalah:
 - a. Flip-flop merupakan rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data
 - b. Flip-flop adalah memori 1-bit
 - c. Flip-flop adalah elemen terkecil dari rangkaian sekuensial
 - d. Flip-flop adalah elemen rangkaian pencacah
 - e. Flip-flop adalah elemen rangkaian register
2. Flip-flop yang berfungsi membalik output yang lalu dinamakan:
 - a. Flip-flop D
 - b. Flip-flop SR
 - c. Flip-flop JK
 - d. Flip-flop SR-clocked
 - e. Flip-flop T
3. Jenis flip-flop yang akan aktif jika sinyal *clock* berubah dari 0 ke 1 adalah:
 - a. Edge-triggered
 - b. JK Master-Slave
 - c. SR-Clocked
 - d. Negative edge-triggered
 - e. Positive edge-triggered

4. Gambar yang benar untuk memperoleh watak flip-flop T adalah:



5. Rangkaian berikut ini memiliki watak:

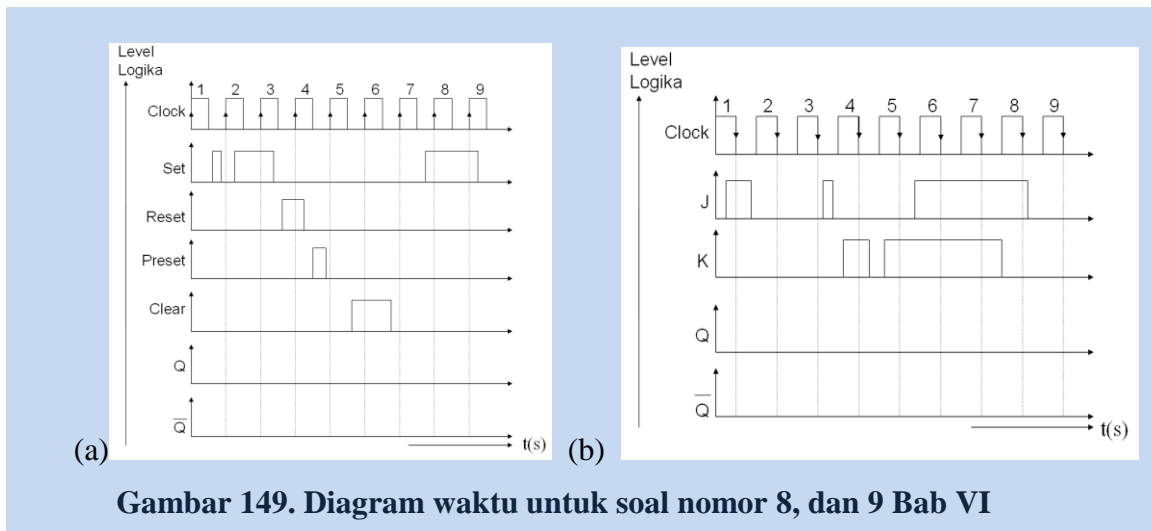


- Mempertahankan keadaan outputnya setiap ada sinyal *clock*
- Selalu bernilai tinggi setiap ada sinyal *clock*
- Selalu bernilai rendah setiap ada sinyal *clock*
- Membalik keadaan output sebelumnya setiap ada sinyal *clock*
- Sinyal *clock* tidak berpengaruh terhadap outputnya

Soal-soal berikut ini adalah jenis uraian (esai).

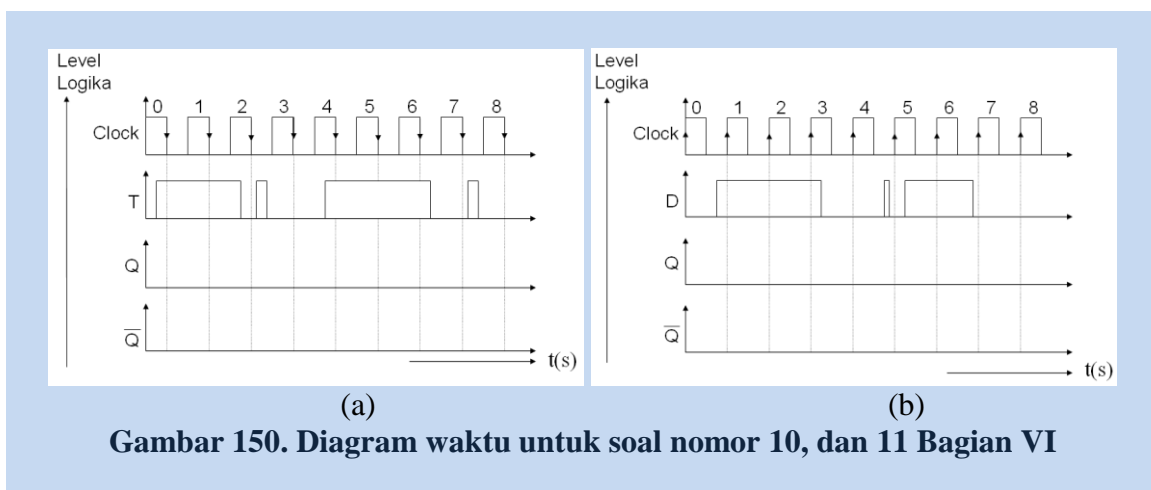
- Suatu rangkaian logika sekuensi memiliki sebuah input R satu bit dan output Y empat bit.
 - Berapa jumlah flip-flop yang diperlukan sebagai unit penyimpan rangkaian tersebut?
 - Jika unit penyimpannya menggunakan flip-flop D, gambarkan diagram blok rangkaian dengan menampilkan semua flip-flop yang diperlukan, dan hubungan antara jalur bit-bit keadaan dari rangkaian kombinasi ke input semua flip-flop, dan jalur output semua flip-flop ke rangkaian kombinasi.
 - Gambarkan pula diagram blok rangkaian jika flip-flop yang digunakan jenis J-K!

7. Mengapa flip-flop S-R tidak dapat digunakan untuk input S dan R tinggi? Jelaskan jawaban anda dengan menggunakan analisis diagram waktu untuk keadaan tak stabil dan keadaan stabil!
8. Perhatikan diagram waktu pada gambar 149!



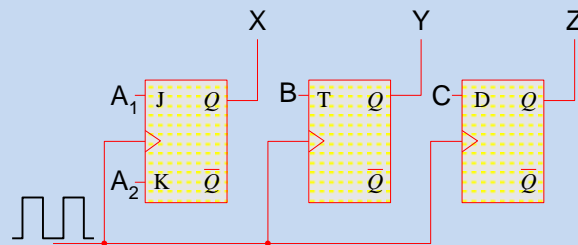
Gambarkan bentuk output flip-flop S-R jika input-input yang diberikan bentuknya seperti pada diagram waktu gambar 149 (a)!

9. Jika input-input flip-flop bentuknya seperti pada diagram waktu gambar 149 (b), gambarkan bentuk output flip-flop J-K *positive-edge triggered*!
10. Perhatikan diagram waktu pada gambar 150!



Gambarkan bentuk output flip-flop T jika input yang diberikan bentuknya seperti pada diagram waktu gambar 150 (a)! Gambarkan pula bentuk outputnya jika flip-flop yang digunakan dari jenis *positive-edge triggered*!

11. Gambarkan output flip-flop D jika bentuk inputnya seperti pada diagram waktu gambar 150 (b)!
12. Perhatikan rangkaian pada gambar 151!



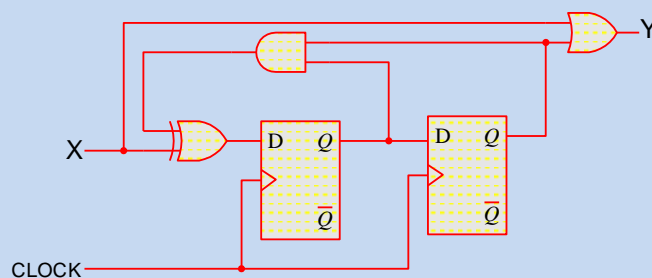
Gambar 151. Rangkaian untuk soal nomor 12 Bab VI

Berdasarkan rangkaian pada gambar 151, jika keadaan sebelumnya dari semua output flip-flop adalah 0, tentukan keadaan output flip-flop untuk setiap terjadinya pulsa *clock*! Gunakan tabel 57 di bawah ini!

Tabel 57. Tabel untuk soal nomor 12 Bab VI

CLOCK	INPUT FLIP-FLOP				OUTPUT FLIP-FLOP		
	A ₁	A ₂	B	C	X	Y	Z
Ke-1	0	0	1	0	....	....	....
Ke-2	1	0	1	0	....	....	....
Ke-3	0	0	1	1	....	....	....
Ke-4	0	1	1	1	....	....	....
Ke-5	1	1	1	0	....	....	....

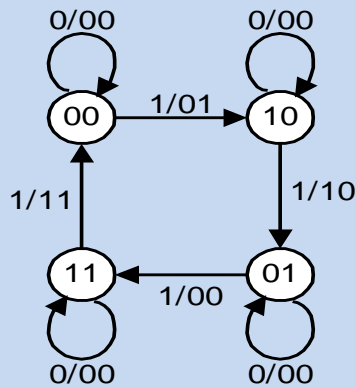
13. Perhatikan rangkaian sekuensi berikut ini!



Gambar 152. Rangkaian sekuensi untuk soal nomor 13 Bab VI

Lakukan analisis terhadap rangkaian pada gambar 152 untuk menentukan tabel keadaan, diagram transisi keadaan, dan persamaan keadaan serta persamaan output.

14. Rancanglah rangkaian logika sekuensi yang memiliki diagram transisi keadaan seperti pada gambar 153a menggunakan: (a) Flip-flop D, (b) Flip-flop J-K, dan (c) Flip-flop T.



Gambar 153. Diagram transisi keadaan untuk soal nomor 14 Bab VI

KOMPETENSI DASAR VII

Mahasiswa memahami watak dan cara kerja modul-modul logika sekuensial mencakup rangkaian pencacah dan register

TUJUAN PEMBELAJARAN VII

Agar mahasiswa dapat:

1. mendefinisikan pengertian pencacah dan register
2. menjelaskan cara kerja pencacah dan register
3. merancang pencacah sinkron dan asinkron berbagai modulo menggunakan flip-flop JK, D dan T
4. menggambarkan rangkaian internal IC pencacah 7493 dan susunan pin yang tersedia
5. merancang pencacah asinkron berbagai modulo menggunakan IC 7493
6. merancang register paralel dan geser menggunakan flip-flop maupun IC register
7. menjelaskan berbagai jenis transfer register

GARIS BESAR MATERI VII

Pencacah dan register merupakan rangkaian sekuensi yang aplikasinya sangat luas dalam sistem digital. Pencacah atau *counter* merupakan rangkaian logika sekuensi yang berfungsi mencacah atau menghitung jumlah pulsa *clock* yang masuk. Menurut jumlah pulsa yang dapat dicacah, terdapat jenis pencacah modulo-X dengan X menunjukkan jumlah pulsa yang dapat dicacah. Pencacah seperti pencacah modulo-5, outputnya akan *reset* pada saat terjadinya *clock* ke-5. Setiap jenis pencacah tersebut dapat berupa pencacah tak serempak maupun pencacah serempak. Selain itu, terdapat pula jenis pencacah naik-turun (*up-down counter*), pencacah ring dan pencacah Johnson. Melalui bagian ini Anda akan diperkenalkan dengan analisis dan perancangan berbagai jenis pencacah tersebut. Untuk menambah pengetahuan praktis Anda, akan diperkenalkan juga berbagai seri IC yang menyediakan fungsi pencacah baik jenis tak serempak maupun serempak. Uraian bagian pencacah diakhiri dengan memperkenalkan kepada Anda aplikasi dari pencacah yakni rangkaian pencacah frekuensi dan jam digital. Penjelasan terhadap kedua rangkaian tersebut mencakup cara kerja dan perancangannya, sehingga setelah selesai mempelajari bagian ini diharapkan Anda dapat menyusun sendiri kedua rangkaian itu.

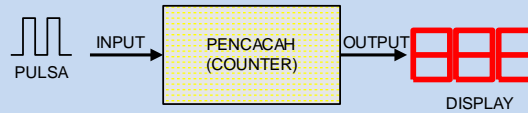
Bagian kedua bab ini akan memperkenalkan kepada Anda tentang register. Jika flip-flop merupakan elemen penyimpan satu bit, maka register merupakan kumpulan flip-flop yang dapat menyimpan data beberapa bit di dalamnya. Secara umum register terbagi menjadi dua yakni register paralel dan register geser. Jenis pertama merupakan register yang cara penyimpanan datanya dilakukan secara serempak, dan jenis kedua merupakan register yang cara penyimpanan datanya secara berurutan bit demi bit dan dilakukan dengan menggeser bit-bit yang ada di dalam elemen register. Berdasarkan cara memasukkan data ke dalam inputnya untuk disimpan dan cara mengeluarkan data melalui outputnya, register dapat dibedakan menjadi register dengan input dan output paralel (*parallel in-parallel out*) disingkat PIPO, register dengan input paralel dan output seri (*parallel in-serial out*) disingkat PISO, register dengan input seri dan output seri (*serial in-serial out*) disingkat SISO, register dengan input seri dan output paralel (*serial in-parallel out*) disingkat SIPO. Melalui bagian ini Anda akan diperkenalkan dengan analisis dan perancangan berbagai jenis register tersebut. Akan diperkenalkan pula beberapa IC yang menyediakan fungsi register paralel maupun geser yang dapat digunakan untuk menyediakan fungsi register PIPO, PISO, SISO, maupun SIPO.

Bagian akhir dari bab ini akan memperkenalkan kepada Anda transfer data yang banyak digunakan di dalam aplikasi rangkaian digital yakni transfer paralel dan seri. Untuk menyelenggarakan transfer paralel diperlukan dua buah register yang dapat berperan sebagai register paralel. Sedangkan untuk seri, implementasinya memerlukan dua buah register yang dapat berperan sebagai register geser.

BAB VII PENCACAH DAN REGISTER

A. Pencacah

Pencacah atau *counter* merupakan rangkaian logika sekuensi yang berfungsi mencacah atau menghitung jumlah pulsa *clock* yang masuk. Menurut jumlah pulsa yang dapat dicacah, terdapat jenis pencacah modulo- 2^n ($n=1, 2, 3, 4, \dots$), contoh pencacah modulo-4, pencacah modulo-8, dan pencacah modulo-16. Jika clock ke-0 dinyatakan sebagai keadaan awal pencacah, jumlah pulsa yang dapat dicacah oleh pencacah modulo-4 adalah 4 buah yakni pulsa ke-0, ke-1, ke-2, ke-3, dan pada pulsa *clock* ke-4, output pencacah ini akan *reset* kembali ke 0. Pada pencacah modulo-8, output akan reset pada *clock* ke-8 sehingga pencacah ini hanya mampu mencacah pulsa *clock* ke-0 sampai dengan pulsa *clock* ke-7. Selain pencacah modulo- 2^n terdapat pula pencacah seperti modulo-5, modulo-6, dan modulo-10. Diagram blok pencacah ditunjukkan gambar 154.



Gambar 154. Diagram blok pencacah

Sedangkan menurut pengaktifan elemen penyimpanannya dan dalam hal ini elemen penyimpan pencacah adalah flip-flop, terdapat pencacah jenis tak serempak atau pencacah tak sinkron (*asynchronous counter*), dan pencacah jenis serempak atau pencacah sinkron (*synchronous counte*). Pada pencacah tak serempak, elemen-elemen penyusunnya yakni flip-flop bekerja secara tidak serempak ketika pencacah tersebut diberi input pulsa, dan pada pencacah serempak elemen-elemen penyusunnya bekerja secara bersama-sama ketika ada pulsa masuk ke inputnya.

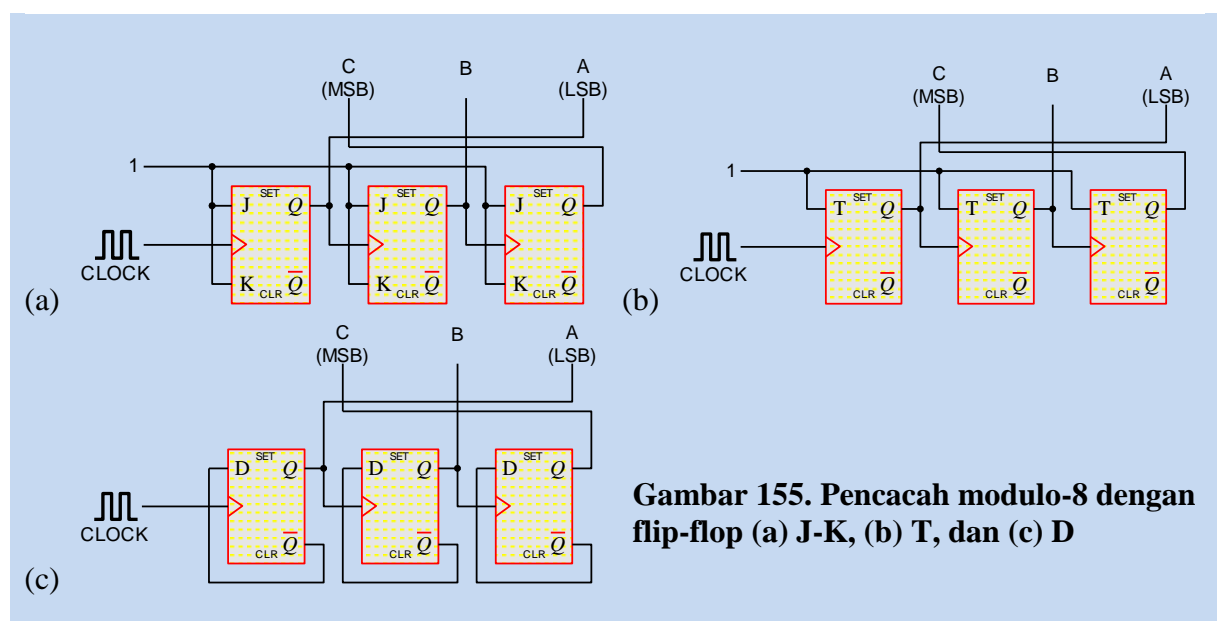
Prosedur perancangan kedua jenis pencacah tersebut agak berbeda. Untuk pencacah serempak prosedur perancangannya sama dengan prosedur perancangan rangkaian sekuensial seperti telah dijelaskan di muka. Sedangkan untuk rangkaian pencacah tak serempak prosedur perancangannya lebih sederhana dan akan dijelaskan terlebih dahulu.

1. Pencacah Tak Serempak

Untuk merancang pencacah tak serempak, perlu ditetapkan terlebih dahulu modulo dari pencacah yang akan dirancang. Untuk modulo- 2^n , prosedur perancangannya mengikuti urutan sebagai berikut:

- Tetapkan modulo pencacah yang akan dirancang, misalnya akan dirancang pencacah tak serempak modulo-8 atau modulo- 2^n dengan $n=3$.
- Tentukan jumlah dan jenis flip-flop yang akan digunakan. Jumlah flip-flop yang digunakan adalah n buah. Jika akan digunakan flip-flop J-K, maka sediakan flip-flop J-K sebanyak n buah, dalam hal ini 3 buah.
- Lakukan pengaturan input-input flip-flop yang digunakan. Untuk flip-flop J-K, hubungkan semua input J dan input K dengan level logika 1. Untuk flip-flop T, hubungkan semua input T dengan level logika 1, dan untuk flip-flop D, hubungkan tiap input D dengan komplement outputnya.
- Berikan input pencacah ke input *clock* flip-flop paling kiri.
- Hubungkan output flip-flop paling kiri dengan input *clock* flip-flop di sebelah kanannya dan seterusnya.
- Ambil output pencacah melalui setiap output flip-flop. Ingat: output flip-flop paling kiri adalah LSB dan output flip-flop paling kanan adalah MSB.

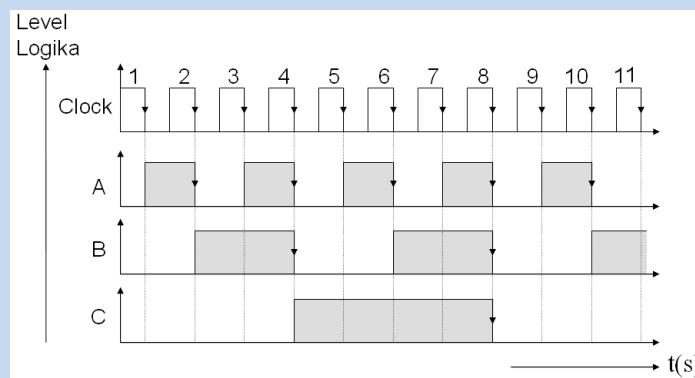
Melalui prosedur tersebut, dapat disusun rangkaian pencacah tak serempak modulo-8 dengan flip-flop J-K, flip-flop T maupun flip-flop D seperti ditunjukkan pada gambar 155.



Gambar 155. Pencacah modulo-8 dengan flip-flop (a) J-K, (b) T, dan (c) D

Cara kerja pencacah tak sinkron modulo-8 ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Perhatikan gambar 155 (a)! Semua input flip-flop J-K dihubungkan dengan logika 1, hal itu berarti bahwa setiap ada pulsa *clock* yang masuk, output flip-flop itu akan berubah.

Anggap ketiga flip-flop J-K tersebut dari jenis *negative-edge triggered*, dan memiliki output dari kiri ke kanan A, B, dan C. Agar cara kerja pencacah dapat dipelajari dengan mudah perlu digunakan diagram waktu. Perhatikan diagram waktu pencacah modulo-8 pada gambar 156!



Gambar 156. Diagram waktu pencacah tak serempak modulo-8

Anggap pada saat awal output pencacah CBA=000. Pada *clock* ke-1 setelah terjadinya tepi turun, flip-flop A terpicu sehingga A=1, dan flip-flop yang lain belum terpicu sehingga outputnya masih bernilai 0. Pada keadaan ini output pencacah adalah CBA=001. Pada *clock* ke-2 setelah terjadinya tepi turun, output flip-flop A akan membalik output sebelumnya sehingga menjadi rendah, dan perubahan ini akan memicu flip-flop B sehingga B=1, pada sisi lain output C tetap rendah karena belum terpicu. Untuk keadaan ini output pencacah menjadi CBA=010. Selanjutnya pada saat terjadinya tepi turun *clock* ke-3 flip-flop A terpicu sehingga outputnya berubah dari rendah ke tinggi menjadi A=1, flip-flop B tidak terpicu karena output A sebagai pemicunya berubah dari rendah ke tinggi sehingga B tetap tinggi. Demikian pula dengan flip-flop C, karena belum terpicu outputnya masih rendah sehingga untuk keadaan ini output pencacah menjadi CBA=011. Pada tepi turun *clock* ke-4, flip-flop A terpicu sehingga outputnya terbalik menjadi A=0, dan perubahan ini memicu flip-flop B sehingga output B juga terbalik menjadi B=0. Karena B berubah dari tinggi ke rendah maka outputnya memicu flip-flop C sehingga C berubah menjadi C=1. Pada keadaan ini output pencacah menjadi CBA=100. Pada tepi turun pulsa *clock* ke-5, flip-flop A terpicu sehingga

outputnya berubah dari A=0 menjadi A=1, flip-flop B dan C tidak terpicu sehingga outputnya tetap B=0 dan C=1. Untuk keadaan ini output pencacah adalah CBA=101. Pada tepi turun pulsa *clock* ke-6, flip-flop A terpicu sehingga A=0, output flip-flop A memicu flip-flop B sehingga outputnya berubah menjadi B=1, dan flip-flop C tidak terpicu sehingga C=1. Pada keadaan ini output pencacah menjadi CBA=110. Selanjutnya, pada tepi turun pulsa *clock* ke-7, flip-flop A terpicu sehingga outputnya A=1, B tetap, C tetap, dan output pencacah menjadi CBA=111. Pada saat terjadinya pulsa turun *clock* ke-8, ketiga flip-flop terpicu, dan karena keadaan output awalnya tinggi maka akan berubah menjadi reset. Keadaan tersebut menyebabkan output pencacah menjadi CBA=000. Jika keadaan-keadaan tersebut dituangkan dalam suatu tabel, maka akan diperoleh tabel kebenaran pencacah tak sinkron modulo-8 seperti disajikan pada tabel 58.

Tabel 58. Tabel kebenaran pencacah tak serempak modulo-8

CACAH (COUNT)	OUTPUT		
	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1
8	0	0	0

Berdasarkan diagram waktu pada gambar 156, untuk pencacah tak serempak modulo-8 jika pada inputnya dimasukkan pulsa *clock* dengan periode T, maka pada output B memberikan pulsa dengan periode 2T, dan pada output C memberikan pulsa dengan periode 4T. Dengan kata lain jika output flip-flop diambil pada C maka rangkaian tersebut berfungsi sebagai pembagi frekuensi, dalam hal ini frekuensi pulsa pada output C nilainya seperempat frekuensi *clock*. Pencacah modulo-2ⁿ yang lain dapat dirancang menggunakan cara yang sama dengan cara perancangan pencacah modulo-8.

Perancangan yang telah dilakukan di muka adalah untuk pencacah tak serempak modulo-2ⁿ. Untuk pencacah selain modulo tersebut seperti pencacah modulo-5, modulo-7, modulo-9, dan modulo 14, perancangannya mengikuti prosedur sebagai berikut:

- a. Tetapkan modulo pencacah yang akan dirancang, misalnya pencacah tak serempak modulo-5.

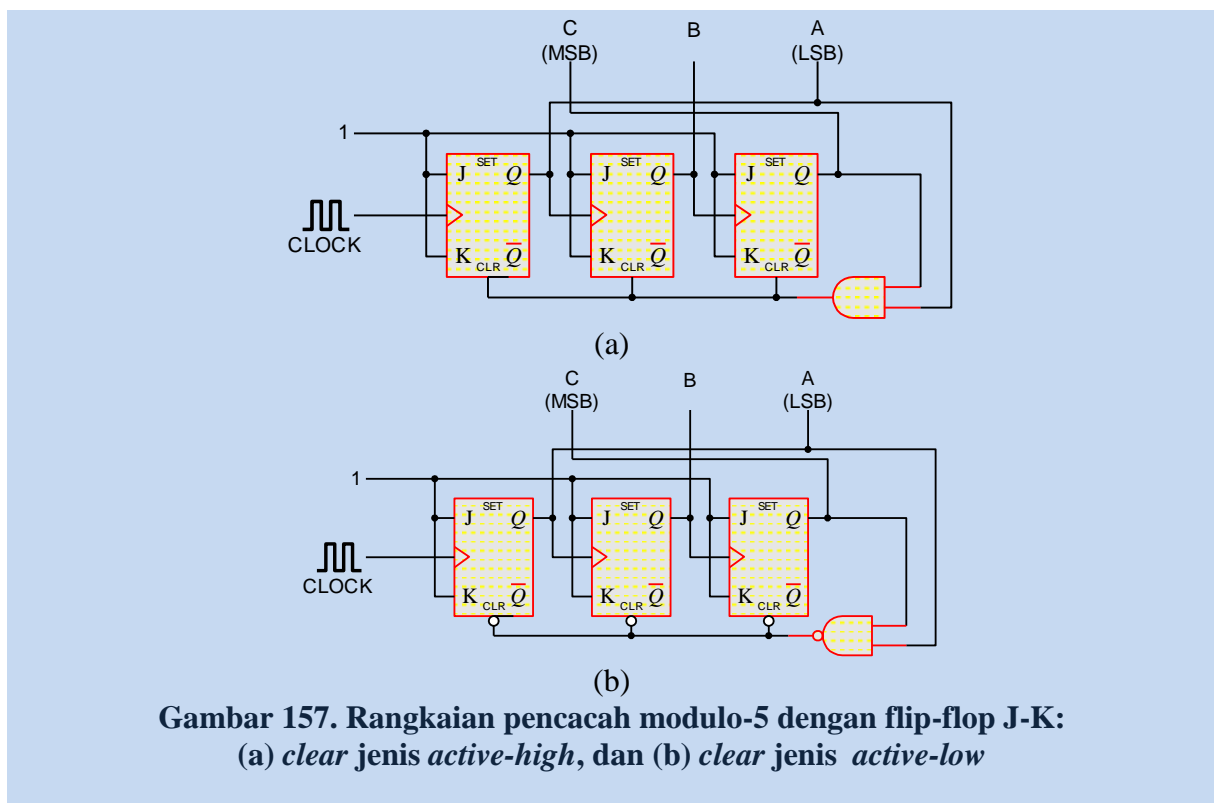
- b. Tentukan jumlah dan jenis flip-flop yang akan digunakan. Pencacah modulo-5 harus menampilkan angka terbesar pada outputnya 4 desimal atau 100 biner, sehingga diperlukan penampil 3 bit. Untuk menampilkan data 3-bit diperlukan 3 buah flip-flop. Seperti pada perancangan pencacah modulo 2^n , flip-flop yang digunakan dapat dari jenis J-K, T maupun D. Untuk pencacah tak serempak modulo yang lain, penentuan jumlah flip-flop yang diperlukan juga dilakukan dengan cara yang sama, misal pencacah tak serempak modulo-9 memerlukan 4 buah flip-flop karena pencacah ini akan menampilkan angka maksimum sebesar 8 dan dalam biner angka tersebut ditampilkan dalam format 4-bit yakni 1000.
- c. Lakukan pengaturan input-input flip-flop yang digunakan. Untuk flip-flop J-K, hubungkan semua input J dan input K dengan level logika 1. Untuk flip-flop T, hubungkan semua input T dengan level logika 1, dan untuk flip-flop D, hubungkan tiap input D dengan komplemen outputnya.
- d. Berikan input pencacah ke input *clock* flip-flop paling kiri.
- e. Hubungkan output flip-flop paling kiri dengan input *clock* flip-flop di sebelah kanannya dan seterusnya.
- f. Ambil output pencacah melalui setiap output flip-flop. Ingat: output flip-flop paling kiri adalah LSB dan output flip-flop paling kanan adalah MSB.
- g. Susun tabel kebenaran pencacah tak serempak yang sedang dirancang, dalam hal ini pencacah tak serempak modulo-5.

Tabel 59. Tabel kebenaran pencacah tak serempak modulo-5

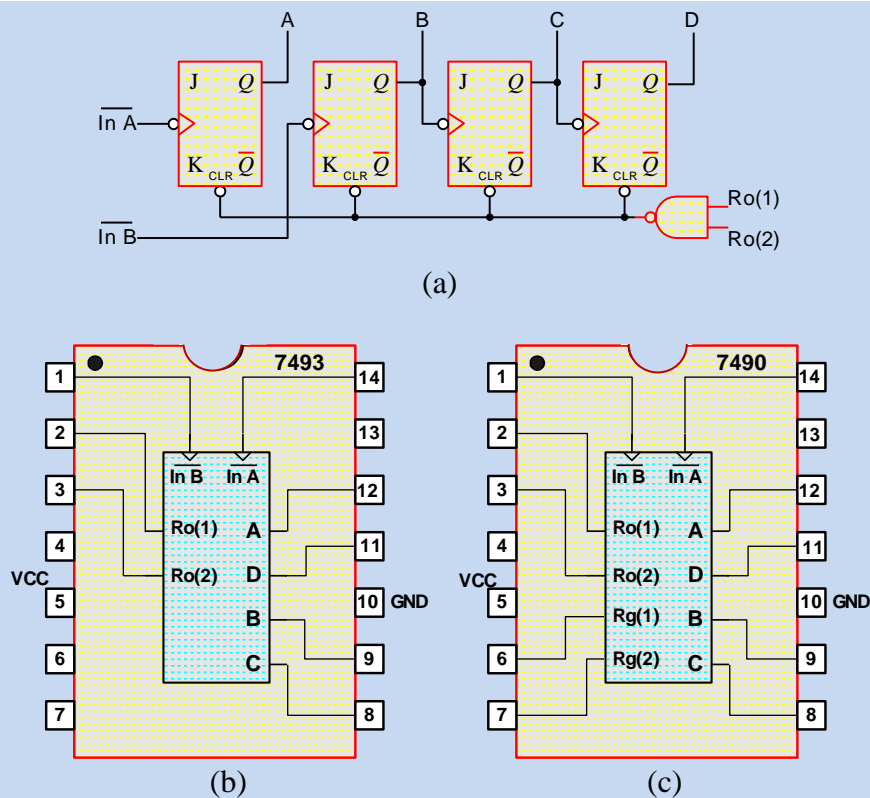
CACAH (COUNT)	OUTPUT		
	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	0	0	0

- h. Dari tabel kebenaran terlihat bahwa ketika pencacah memberikan output bernilai 5 desimal atau CBA=101 biner, karena harus *reset* yakni semua outputnya 0 maka pada *clock-5* output C dan A keduanya harus berubah dari 1 ke 0. Perubahan tersebut dapat dilakukan dengan menghubungkan *clear* setiap flip-flop dengan suatu gerbang. Gerbang harus dapat membangkitkan sinyal yang diperlukan untuk *clear* jika inputnya C=1 dan A=1.

- i. Jika jenis *clear* pada flip-flop adalah *active-low* (*clear* jika diberi 0), maka gerbang yang digunakan harus dapat membangkitkan sinyal 0 jika kedua inputnya 1 yakni berasal dari C dan A. Untuk keadaan ini gerbang yang digunakan untuk melakukan *clear* adalah NAND.
- j. Jika jenis *clear* pada flip-flop adalah *active-high* (*clear* jika diberi 1), maka gerbang yang digunakan harus dapat membangkitkan sinyal 1 jika kedua inputnya 1 yakni berasal dari C dan A. Untuk keadaan ini gerbang yang digunakan untuk melakukan *clear* adalah AND.
- k. Anggap flip-flop yang digunakan memiliki *clear* jenis *active-high*. Hubungkan output yang akan dinolkan (reset), dalam hal ini output C dan A ke input gerbang AND, dan output gerbang AND tersebut dihubungkan ke *clear* semua flip-flop. Rangkaian pencacah tak serempak modulo-5 ditunjukkan pada gambar 157.

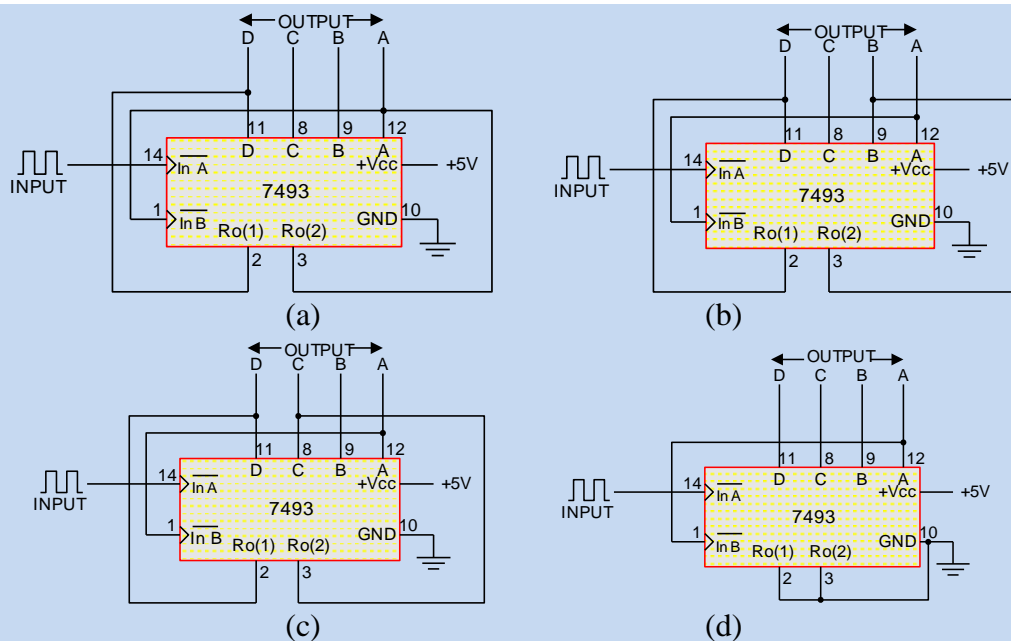


Dalam praktek, fungsi pencacah tak serempak disediakan oleh beberapa IC di antaranya adalah seri 7490 sebagai pencacah modulo-10 atau pencacah *decade* atau pembagi 10, 7492 sebagai pencacah pembagi 12, dan 7493 sebagai pencacah biner 4-bit. Rangkaian internal IC 7493 ditunjukkan pada gambar 158 (a). Spesifikasi pin untuk IC itu ditunjukkan pada gambar 158 (b) dan untuk IC 7490 ditunjukkan pada gambar 158 (c).



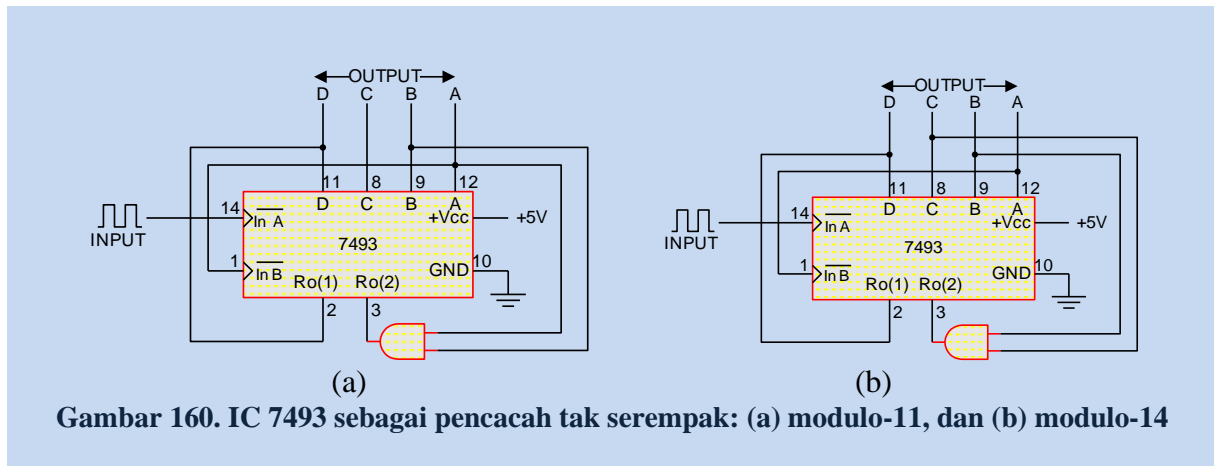
Gambar 158. IC pencacah tak sinkron: (a) rangkaian internal IC 7493, (b) spesifikasi pin IC 7493, dan (c) spesifikasi pin IC 7490

Dengan menggunakan IC 7493 dapat disusun rangkaian pencacah sampai dengan modulo-16. Gambar 159 menunjukkan rangkaian pencacah tak serempak berbagai modulo menggunakan IC 7493.

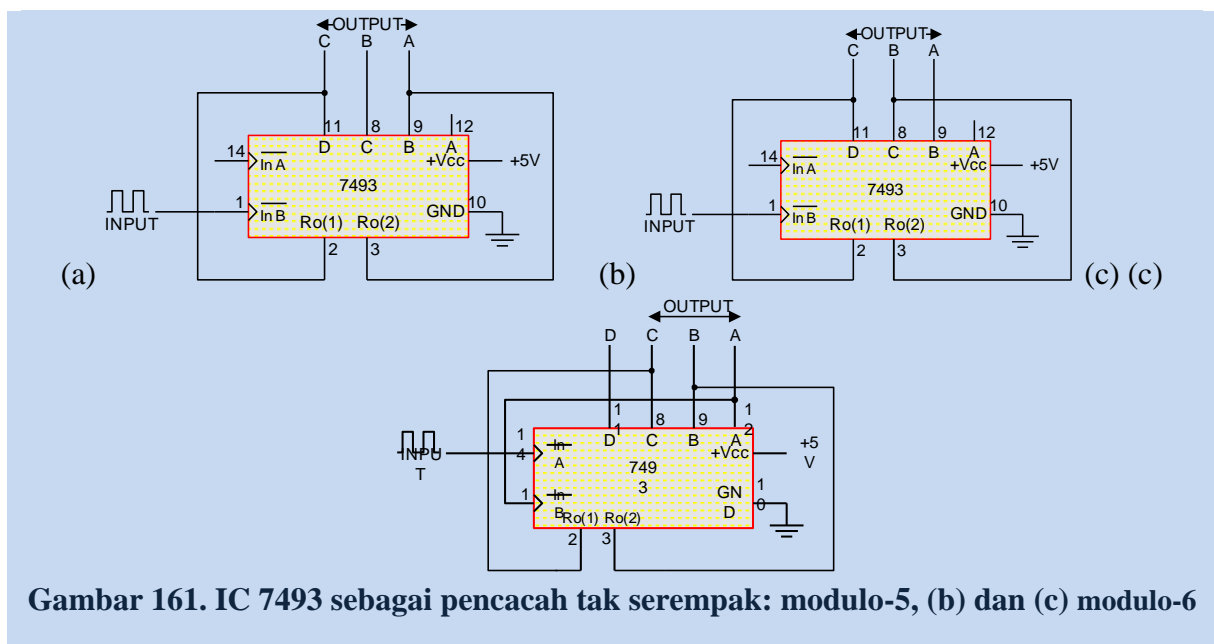


Gambar 159. IC 7493 sebagai pencacah tak serempak: (a) modulo-9, (b) modulo-10, (c) modulo-12, dan (d) modulo-16

Karena gerbang NAND sebagai fasilitas *clear* yang ada di dalam rangkaian internal 7493 hanya memiliki dua buah input, maka untuk pencacah yang memerlukan *clear* terhadap 3 buah outputnya seperti pencacah modulo-11, modulo-13, modulo-14, dan modulo-15 diperlukan rangkaian luar atau rangkaian tambahan. Gambar 160 menunjukkan rangkaian tambahan yang diperlukan untuk membangun pencacah serempak modulo-11, dan modulo-14.

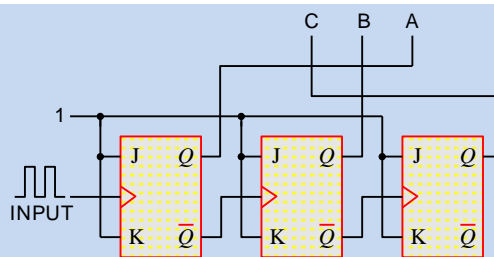


Bagaimana memanfaatkan IC 7493 sebagai pencacah tak sinkron modulo-8 ke bawah? Untuk pencacah modulo-5 dan modulo-6, dapat memanfaatkan 3 flip-flop yang tersedia dengan input pencacah diumpankan ke $\overline{\text{In B}}$ dan output diambil dari D, C, B pada IC 7493 sebagai output pencacah C, B, A seperti ditunjukkan pada gambar 161 (a) untuk pencacah modulo-5 dan gambar 161 (b) untuk pencacah modulo-6. Selain itu, jika diinginkan $\overline{\text{In A}}$ sebagai input, maka untuk pencacah modulo-6 dapat pula menggunakan rangkaian pada gambar 161 (c).



Pencacah tak serempak yang telah dibahas di muka adalah pencacah naik (*up counter*), yakni outputnya memberikan urutan naik. Kecuali dapat memberikan urutan naik, suatu pencacah juga dapat memberikan urutan turun pada outputnya, dan pencacah seperti ini dinamakan pencacah turun (*down counter*).

Perbedaan rancangan pencacah turun dengan pencacah naik untuk jenis tak serempak terletak pada input *clock* dari flip-flop tahap berikutnya setelah flip-flop pertama. Flip-flop pertama adalah flip-flop paling kiri yang menerima input pulsa *clock*. Pada pencacah naik, input *clock* flip-flop tahap berikutnya berasal dari output flip-flop sebelumnya (Q), sedangkan pada pencacah turun berasal dari komplemen output flip-flop sebelumnya (\bar{Q}). Rangkaian pencacah turun modulo-8 jenis tak serempak ditunjukkan pada gambar 162.



Gambar 162. Pencacah turun tak serempak modulo-8

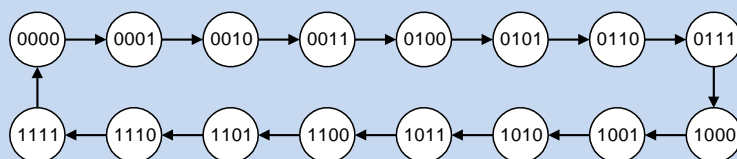
2. Pencacah Serempak

Pencacah serempak merupakan rangkaian sekuensial serempak, sehingga perancangannya dilakukan dengan menggunakan prosedur seperti pada perancangan rangkaian sekuensial serempak.

Contoh 1: Rancang pencacah serempak modulo-16!

Jawab:

Langkah pertama dalam merancang rangkaian ini adalah menyusun diagram transisi keadaan berdasarkan definisi watak. Pencacah serempak modulo-16 adalah pencacah yang keadaan outputnya akan *reset* pada *clock* ke-16. Dari definisi watak tersebut dapat dilukis diagram transisi keadaan seperti ditunjukkan pada gambar 163.



Gambar 163. Diagram transisi keadaan pencacah modulo-16

Karena unit rangkaian kombinasi pada rangkaian pencacah serempak tidak memiliki input, dan output rangkaian diambil dari output unit penyimpannya maka diagram transisinya hanya menggambarkan keadaan transisi dari output elemen-elemen penyimpannya saja. Langkah selanjutnya adalah menyusun tabel keadaan berdasarkan diagram transisi keadaan yang diperoleh. Dari gambar 163, dapat disusun tabel keadaan dari rangkaian pencacah serempak modulo-16 seperti pada tabel 60.

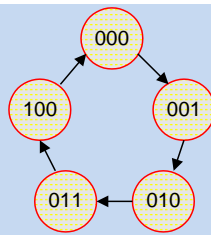
Tabel 60. Tabel keadaan rangkaian pencacah serempak modulo-16

KEADAAN SEBELUMNYA				KEADAAN SEKARANG			
$Q_{3(n-1)}$	$Q_{2(n-1)}$	$Q_{1(n-1)}$	$Q_{0(n-1)}$	$Q_{3(n)}$	$Q_{2(n)}$	$Q_{1(n)}$	$Q_{0(n)}$
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0

Berdasarkan tabel 60, dapat disusun tabel eksitasi flip-flop yang digunakan. Misal akan digunakan flip-flop T, maka tabel eksitasinya dapat disusun seperti pada tabel 61.

Tabel 61. Tabel eksitasi flip-flop T untuk tabel 60

KEADAAN SEBELUMNYA				KEADAAN SEKARANG				KEADAAN INPUT FLIP-FLOP			
$Q_{3(n-1)}$	$Q_{2(n-1)}$	$Q_{1(n-1)}$	$Q_{0(n-1)}$	$Q_{3(n)}$	$Q_{2(n)}$	$Q_{1(n)}$	$Q_{0(n)}$	T_3	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1



Gambar 166. Diagram transisi keadaan pencacah modulo-5

Dari gambar 166 dapat diturunkan tabel keadaan pencacah modulo-5 seperti ditunjukkan pada tabel 62.

Tabel 62. Tabel keadaan rangkaian pencacah serempak modulo-5

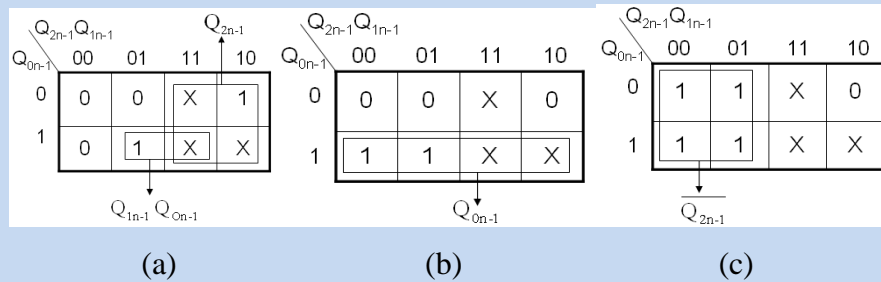
KEADAAN SEBELUMNYA			KEADAAN SEKARANG		
$Q_{2(n-1)}$	$Q_{1(n-1)}$	$Q_{0(n-1)}$	$Q_{2(n)}$	$Q_{1(n)}$	$Q_{0(n)}$
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	X	X	X
1	1	0	X	X	X
1	1	1	X	X	X

Karena tidak terdapat keadaan transisi untuk keadaan sebelumnya yang bernilai 101, 110, dan 111, maka untuk keadaan-keadaan tersebut output sekarang diberi tanda X. Selanjutnya, dari tabel keadaan dapat disusun tabel eksitasi flip-flop yang digunakan. Untuk flip-flop T, tabel eksitasinya ditunjukkan pada tabel 63.

Tabel 63. Tabel eksitasi flip-flop T untuk tabel 62

KEADAAN SEBELUMNYA			KEADAAN SEKARANG			KEADAAN INPUT FLIP-FLOP		
Q_{2n-1}	Q_{1n-1}	Q_{0n-1}	Q_{2n}	Q_{1n}	Q_{0n}	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	1	X	X	X	X	X	X
1	1	0	X	X	X	X	X	X
1	1	1	X	X	X	X	X	X

Peta Karnaugh untuk tabel 63 ditunjukkan pada gambar 167.



Gambar 167. Peta Karnaugh tabel 62 untuk (a) T_2 , (b) T_1 , dan (c) T_0

Sedangkan persamaan yang diperoleh dari peta Karnaugh pada gambar 254 dituliskan pada persamaan (60).

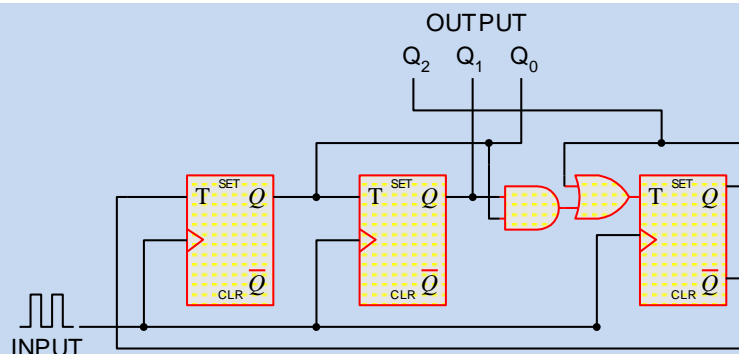
$$T_2 = Q_{1n-1}Q_{0n-1} + Q_{2n-1}$$

$$T_1 = Q_{0n-1}$$

$$T_0 = \overline{Q_{2n-1}}$$

persamaan (60)

Dari persamaan (60) dapat disusun rangkaian pencacah serempak modulo-5 dengan flip-flop T seperti ditunjukkan pada gambar 168.

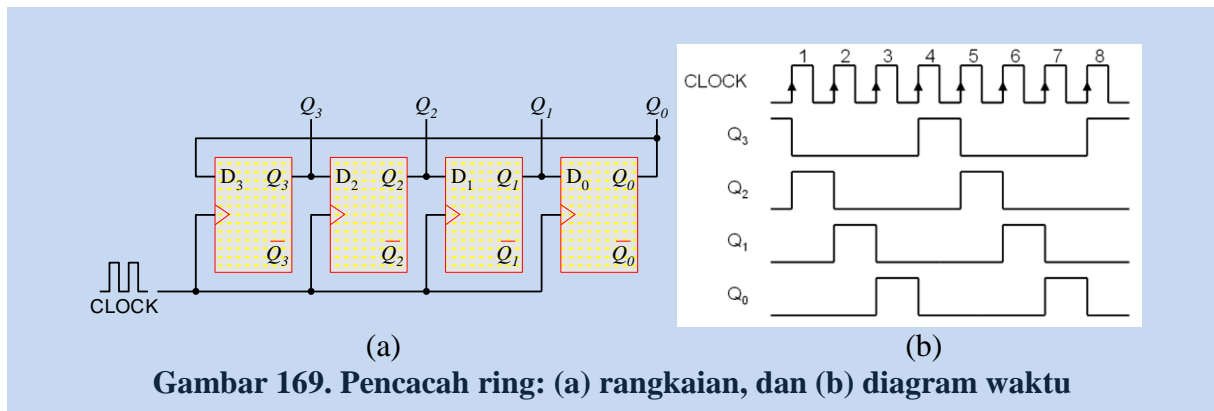


Gambar 168. Rangkaian pencacah serempak modulo-5

3. Pencacah Ring dan Pencacah Johnson

Dalam banyak aplikasi sering diperlukan suatu pencacah yang dapat membangkitkan pulsa secara berurutan pada outputnya. Misalnya pada *clock* ke-0 output Q_3 bernilai tinggi dan output lainnya rendah. Pada *clock* ke-1 output Q_2 tinggi lainnya rendah dan seterusnya. Pencacah yang memiliki watak dapat membangkitkan pulsa secara berurutan dinamakan pencacah ring. Pencacah ini dapat dibangun dengan menggunakan flip-flop D, dan

rangkaiannya ditunjukkan pada gambar 169 (a), sedangkan gambar 169 (b) dan tabel 64 menunjukkan diagram waktu dan tabel keadaannya.



Anggap mula-mula Q_3 tinggi dan output lainnya rendah. Pada *clock* ke-1, Q_2 menjadi tinggi karena input flip-flop D_2 sama dengan Q_3 yakni tinggi, sedangkan output lainnya rendah. Output Q_3 menjadi rendah karena input flip-flop D_3 sama dengan output Q_0 yakni rendah. Pada *clock* ke-2, Q_1 menjadi tinggi karena input flip-flop D_1 sama dengan output Q_2 yakni tinggi, dan output yang lain rendah. Pada *clock* ke-3, output Q_0 menjadi tinggi karena input flip-flop D_0 sama dengan output Q_1 yakni tinggi dan output lainnya rendah. Pada *clock* ke-4 kembali Q_3 menjadi tinggi karena input D_3 sama dengan output D_0 yakni tinggi, dan output lainnya rendah. Karena urutan outputnya kembali lagi pada *clock* ke-4, maka pencacah ring seperti ini termasuk pencacah modulo-4. Keadaan-keadaan tersebut dapat dituangkan dalam bentuk tabel keadaan seperti ditunjukkan pada tabel 64.

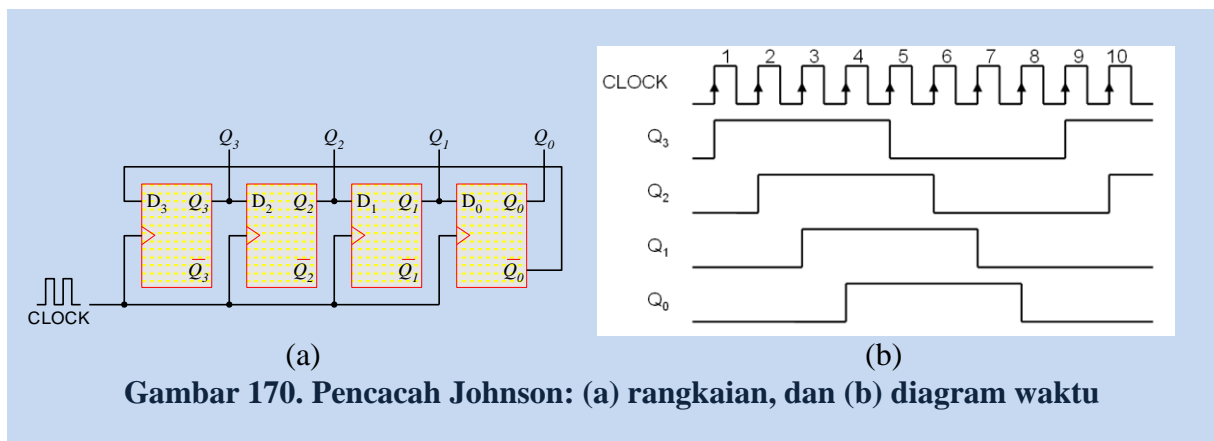
Tabel 64. Tabel keadaan pencacah ring modulo-4

PULSA CLOCK	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	1	0	0	0
1	0	1	0	0
2	0	0	1	0
3	0	0	0	1
4	1	0	0	0
5	0	1	0	0
6	0	0	1	0
7	0	0	0	1
8	1	0	0	0

Untuk mengoperasikan pencacah ring harus ada pemberian nilai awal sehingga terdapat sebuah flip-flop saja yang outputnya bernilai 1 dan flip-flop yang lain outputnya

bernilai 0, misalnya $Q_3Q_2Q_1Q_0=1000$. Keadaan ini dapat diperoleh jika flip-flop yang digunakan dilengkapi dengan input *preset* dan *clear*. Jadi, sebelum pulsa *clock* diberikan, salah satu flip-flop penyusun pencacah ring diberikan *preset* dan lainnya *clear*.

Selain pencacah ring, terdapat pula pencacah yang wataknya hampir mirip dengan pencacah ring. Pencacah ini dinamakan pencacah Johnson yang dapat diperoleh dari pencacah ring yang dimodifikasi. Gambar 170 (a) menunjukkan rangkaian hasil modifikasi pencacah ring menjadi pencacah Johnson dan gambar 170 (b) menunjukkan diagram waktunya.



Cara kerja pencacah Johnson dapat dijelaskan sebagai berikut. Anggap mula-mula keadaan output pencacah 0000 sehingga $\overline{Q_0}=1$, dan karena $\overline{Q_0}$ dihubungkan dengan input D_3 maka $D_3=\overline{Q_0}=1$. Pada *clock* ke-1, karena input D_3 tinggi dan input D_2, D_1, D_0 rendah maka output Q_3 tinggi dan output lainnya rendah atau $Q_3Q_2Q_1Q_0=1000$. Pada *clock* ke-2, input D_3, D_2 keadaannya tinggi dan input D_1, D_0 rendah sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=1100$, pada *clock* ke-3 input D_3, D_2 , dan D_1 keadaannya tinggi dan input D_0 rendah sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=1110$, dan pada *clock* ke-4 input D_3, D_2, D_1 , dan D_0 tinggi sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=1111$. Pada *clock* ke-5, $\overline{Q_0}$ rendah sehingga input D_3 juga rendah. Karena input D_3 rendah dan input D_2, D_1, D_0 tinggi maka $Q_3Q_2Q_1Q_0=0111$, pada *clock* ke-6 input D_3, D_2 rendah dan input D_1, D_0 tinggi sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=0011$, pada *clock* ke-7 input D_3, D_2, D_1 rendah dan input D_0 tinggi sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=0001$, dan pada *clock* ke-8 input D_3, D_2, D_1, D_0 rendah sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=0000$. Pada *clock* ke-9 output pencacah kembali seperti urutan semula. Keadaan-keadaan tersebut dapat dituangkan dalam bentuk tabel keadaan seperti disajikan pada tabel 65.

Tabel 65. Tabel keadaan pencacah Johnson

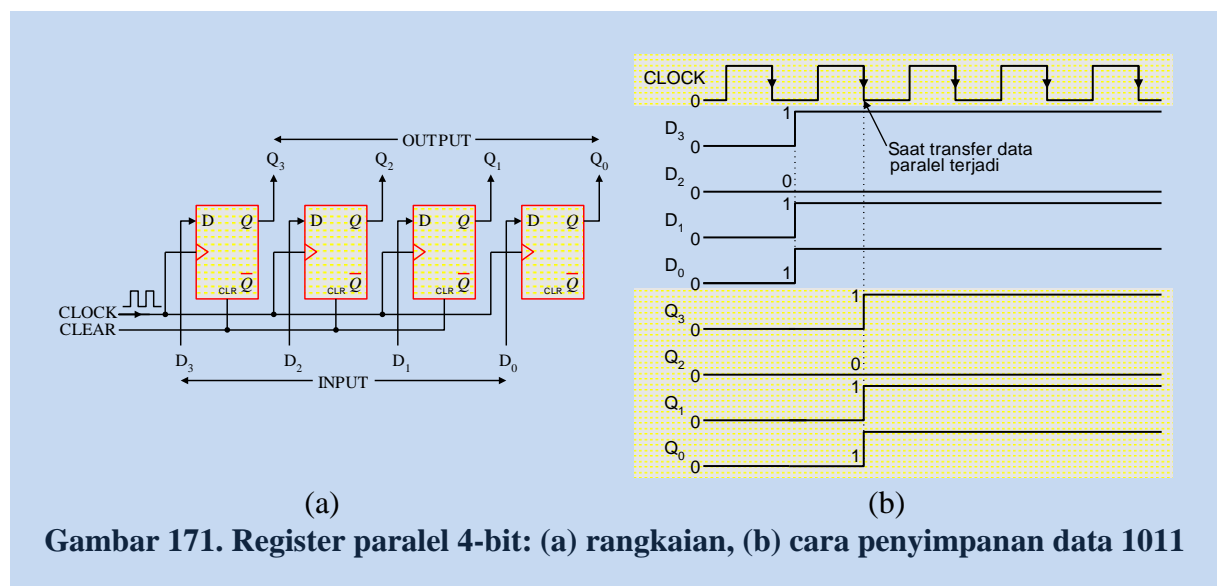
PULSA CLOCK	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0
4	1	1	1	1
5	0	1	1	1
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	0	0	0	0
9	1	0	0	0
10	1	1	0	0

B. Register

Telah dikemukakan di muka bahwa flip-flop merupakan elemen logika yang berfungsi menyimpan data. Data-data yang disimpan pada elemen tersebut berbentuk keadaan biner yang dapat berupa angka maupun huruf yang disusun dalam format kode seperti BCD dan ASCII. Oleh karena data-data itu berbentuk suatu keadaan biner yang panjangnya lebih dari satu bit maka untuk menyimpannya diperlukan elemen yang terdiri atas beberapa flip-flop, dan elemen seperti itu dinamakan register.

1. Register Paralel

Perhatikan rangkaian register yang disusun seperti ditunjukkan pada gambar 171 (a) berikut ini.

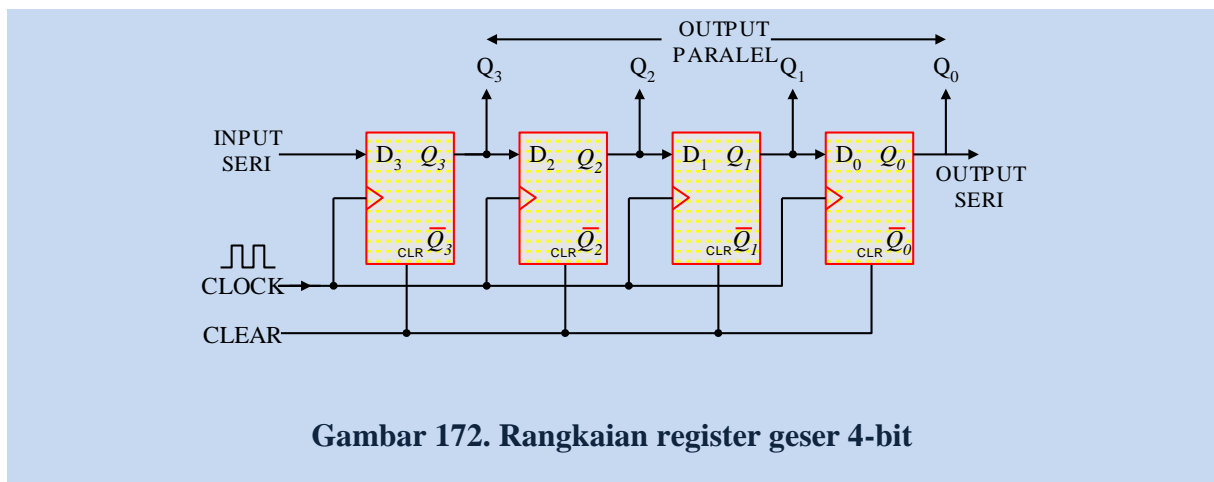


Gambar 171. Register paralel 4-bit: (a) rangkaian, (b) cara penyimpanan data 1011

Gambar 171 (a) menunjukkan register paralel karena memiliki input dan output berupa saluran data paralel dengan panjang n-bit atau dalam contoh ini 4-bit yang dibangun dari kumpulan flip-flop D. Pada register ini data dimasukkan ke dalamnya secara serempak melalui saluran $D_3D_2D_1D_0$. Demikian pula ketika register tersebut akan dibaca outputnya, data dikeluarkan secara serempak melalui $Q_3Q_2Q_1Q_0$. Prinsip penyimpanan data pada register adalah memindahkan data yang ada pada inputnya ke outputnya. Penyimpanan data pada register paralel dilakukan dengan cara menempatkan data yang akan disimpan pada input paralel, dan untuk memindahkan data tersebut ke outputnya dilakukan dengan memberikan sebuah pulsa *clock*. Gambar 171 (b) menunjukkan ilustrasi cara penyimpanan data pada register paralel. Pada gambar tersebut dianggap register melakukan penyimpanan data 1011. Mula-mula ditempatkan data pada saluran input register yakni $D_3D_2D_1D_0=1011$, dan saat terjadinya tepi turun dari *clock* data dipindah ke output register sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=1011$.

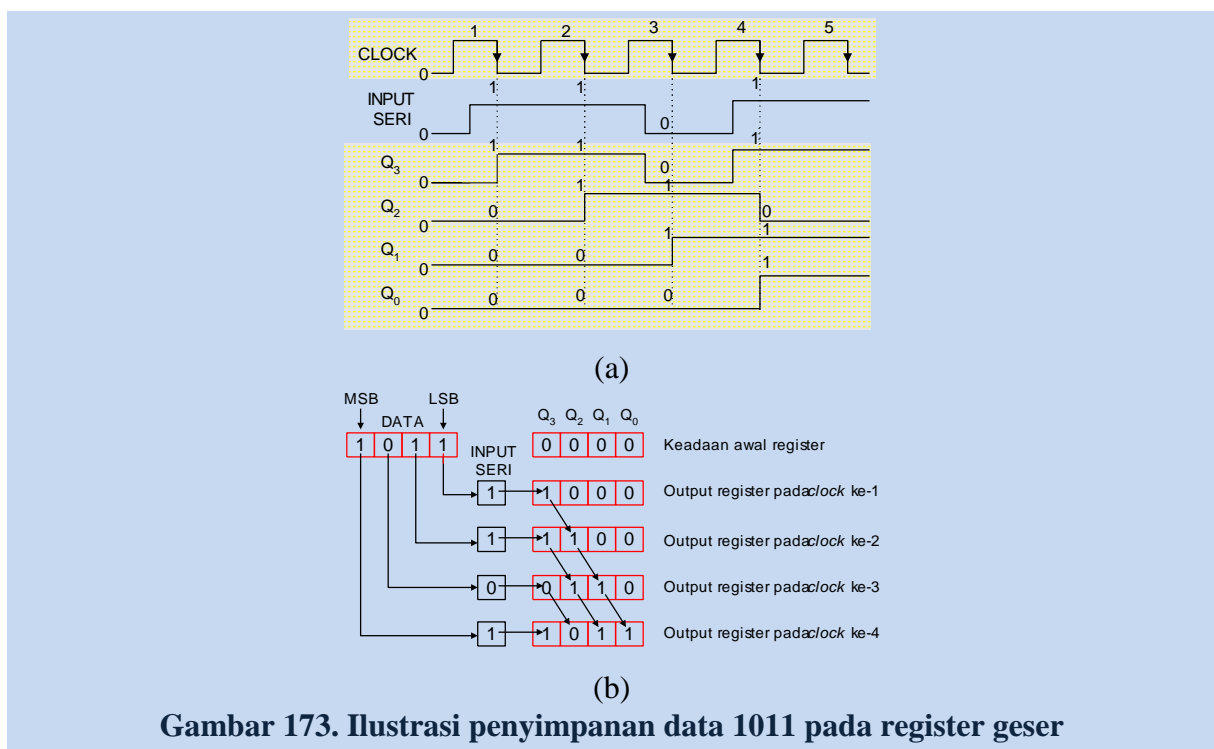
2. Register Geser

Selain register paralel yang dapat menyimpan data secara serempak, terdapat pula register geser yang melakukan penyimpanan data secara seri dengan memasukkan data bit demi bit. Disebut register geser karena dalam memindahkan data dari input ke outputnya, register ini melakukan penggeseran bit yang ada di dalam elemen-elemennya. Gambar 172 menunjukkan rangkaian register geser 4-bit yang memiliki 1-bit input dan 1-bit output seri, serta 4-bit output paralel.



Untuk memahami cara kerja register geser dalam menyimpan data, perhatikan ilustrasi pada gambar 173! Anggap data yang akan disimpan adalah 1011 dan keadaan mula-mula isi register masih kosong sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=0000$. Mekanisme penyimpanan datanya dilakukan dengan memasukkan terlebih dahulu bit LSB dari data yang akan disimpan ke

bagian elemen MSB register. Untuk memulai penyimpanan data dipasang terlebih dahulu data MSB yakni 1 pada input seri. Tepi turun pulsa *clock* ke-1 akan memicu semua input flip-flop. Oleh karena pada input flip-flop D_3 terpasang data 1 maka $Q_3=1$. Pada sisi lain input flip-flop D_2 , D_1 , dan D_0 bernilai 0 sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=1000$. Sebelum ada *clock* ke-2 dipasang lagi data berikutnya yakni 1 pada input seri. Tepi turun *clock* ke-2 menyebabkan semua input flip-flop kembali terpicu. Oleh karena $D_3=1$ (berasal dari input seri) dan $D_2=Q_3=1$, maka Q_3 dan Q_2 bernilai 1. Pada sisi lain D_1 dan D_0 bernilai 0 sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=1100$. Keadaan tersebut menyebabkan seolah-olah isi Q_3 digeser ke posisi Q_2 . Sebelum ada *clock* ke-3, data berikutnya yakni 0 dipasang pada input seri, dan pada tepi turun *clock* ke-3 semua input flip-flop kembali terpicu menyebabkan $Q_3=0$ (berasal dari input seri), Q_2 dan Q_1 bernilai 1. Pada sisi lain $Q_0=0$ sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=0110$. Keadaan tersebut menyebabkan seolah-olah isi Q_3 digeser ke Q_2 dan isi Q_2 digeser ke Q_1 . Selanjutnya, sebelum tepi turun *clock* ke-4 terjadi, pada input seri dipasang data yang terakhir yakni 1. Oleh karena keadaan sebelumnya $D_2=Q_3=0$, $D_1=Q_2=1$, dan $D_0=Q_1=1$ maka setelah terjadinya tepi turun *clock* ke-4 menjadikan $Q_2=0$ dan $Q_1=1$ dan $Q_0=1$. Pada sisi lain pemasangan data 1 pada input seri menyebabkan $Q_3=1$ sehingga $Q_3Q_2Q_1Q_0=1011$. Keadaan ini menyebabkan seolah-olah isi Q_3 digeser ke Q_2 , isi Q_2 digeser ke Q_1 , dan isi Q_1 digeser ke Q_0 . Terlihat bahwa pada register geser 4-bit, penyimpanan data yang dilakukan memerlukan waktu sebanyak 4 siklus *clock*, sebab setelah *clock* ke-4 isi register sama dengan data yang dimasukkan yakni 1011.

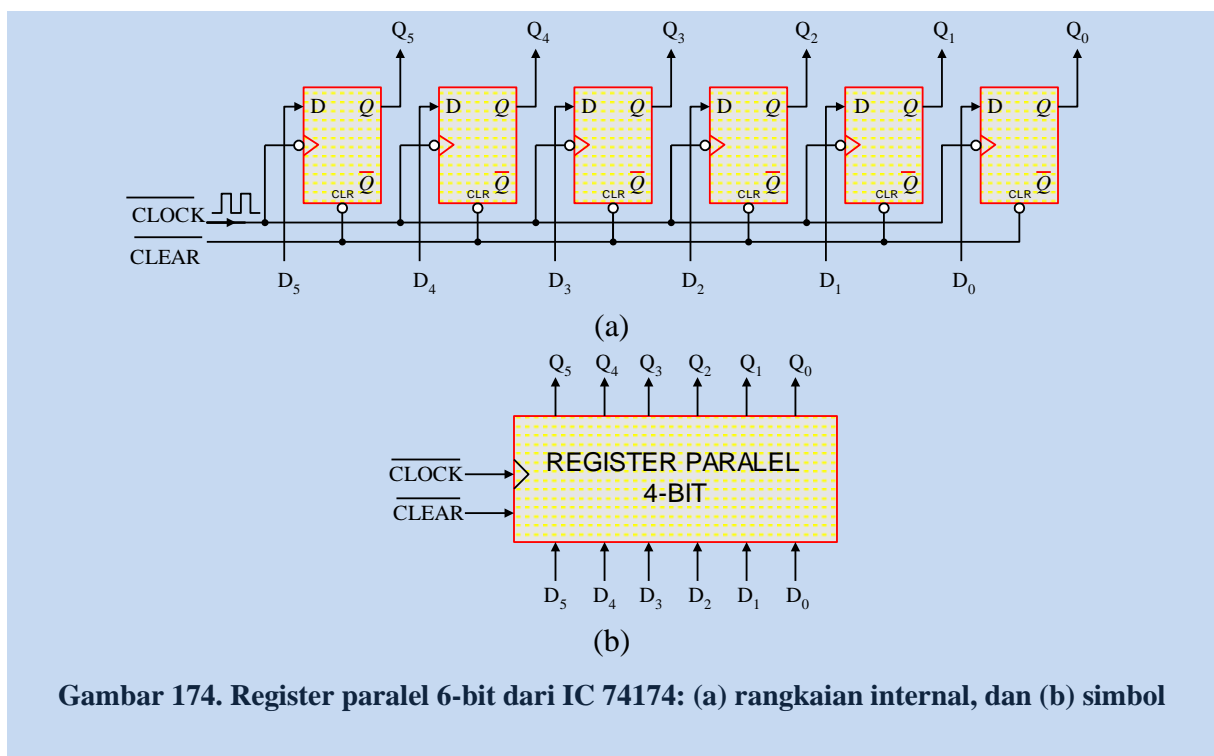


Gambar 173. Ilustrasi penyimpanan data 1011 pada register geser

3. IC Register

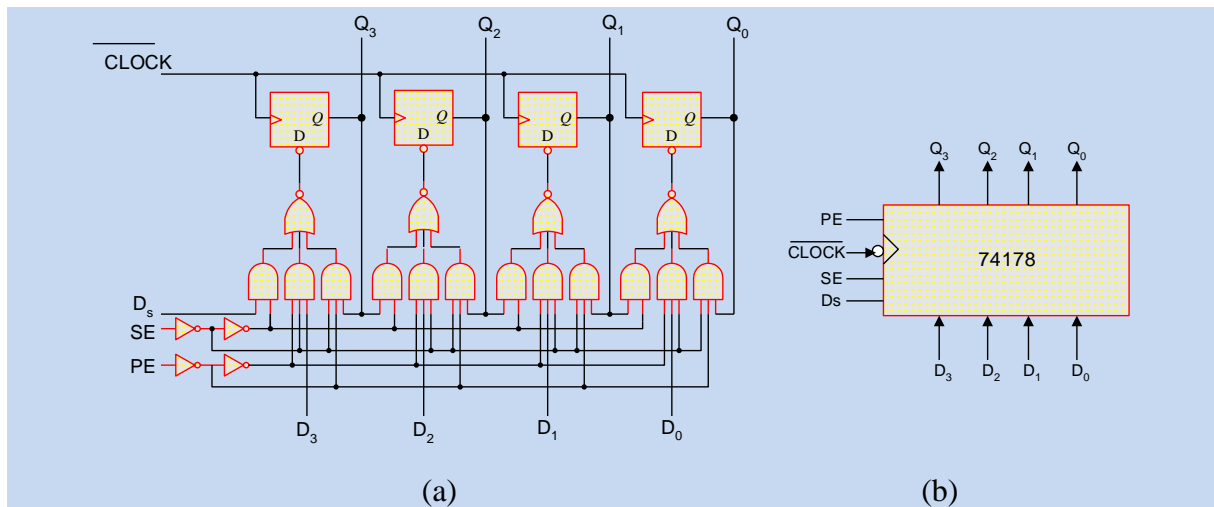
Berdasarkan cara memasukkan data ke dalam inputnya untuk disimpan dan cara mengeluarkan data melalui outputnya, register dapat dibedakan menjadi register dengan input dan output paralel (*parallel in-parallel out*) disingkat PIPO, register dengan input paralel dan output seri (*parallel in-serial out*) disingkat PISO, register dengan input seri dan output seri (*serial in-serial out*) disingkat SISO, register dengan input seri dan output paralel (*serial in-parallel out*) disingkat SIPO.

Salah satu IC yang menyediakan fungsi register PIPO adalah seri 74174 yang spesifikasi pinnya seperti ditunjukkan pada gambar 133 (c) di muka. Rangkaian internal dan simbol untuk IC ini ditunjukkan pada gambar 174. IC ini merupakan register paralel 6-bit yang dibangun menggunakan flip-flop D, dan memiliki input *clear* jenis *active-low*.



Selain seri 74174, IC lain yang menyediakan fungsi register PIPO adalah seri 74178. IC ini memiliki input paralel 4-bit (D_0 sampai dengan D_3), output paralel 4-bit (Q_0 sampai dengan Q_3), input seri 1-bit (D_s), 2 buah input *enable* yakni PE (*parallel enable*), dan SE (*serial enable*). Dengan demikian register ini dapat dioperasikan sebagai register paralel dan register geser 4-bit, sehingga dapat berperan sebagai PIPO, SIPO, SISO, maupun PISO. Bahkan dengan memberikan sedikit tambahan koneksi pada rangkaian luar, IC ini dapat

dimanfaatkan sebagai pencacah ring. Rangkaian internal IC 74178 dan simbolnya ditunjukkan pada gambar 175.



Gambar 175. IC 74178: (a) rangkaian internal, dan (b) simbol

Untuk mengoperasikan IC ini sebagai register paralel maupun seri perlu diatur pemberian nilai logika pada input PE dan SE. Berdasarkan lembar data yang dikeluarkan oleh pabriknya, nilai dari input-input *enable* yang diperlukan untuk operasi register paralel adalah PE=1 dan SE=0, untuk operasi register geser PE=X (*don't care condition*) dan SE=1, sedangkan jika PE=0 dan SE=0 register tidak aktif.

4. Transfer Register

Operasi yang berhubungan dengan data yang tersimpan di dalam register atau flip-flop dinamakan operasi mikro (*microoperation*) seperti *load*, *clear*, *shift*, dan *rotate*. *Load* adalah operasi untuk memuat atau mengisi data ke dalam register, *clear* merupakan operasi menghapus data dalam register, *shift* atau geser adalah operasi untuk menggeser posisi data dalam register ke kiri atau ke kanan, dan *rotate* merupakan operasi untuk memutar data ke kiri atau ke kanan. Selain itu, terdapat pula operasi mikro aritmetika seperti penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, *increment* (penambahan dengan 1) dan *decrement* (pengurangan dengan 1) terhadap isi suatu register, serta operasi mikro logika seperti AND, OR, dan NOT. Beberapa dari operasi mikro tersebut seperti *load*, *clear* dan *shift* telah Anda pelajari melalui berbagai percobaan di muka.

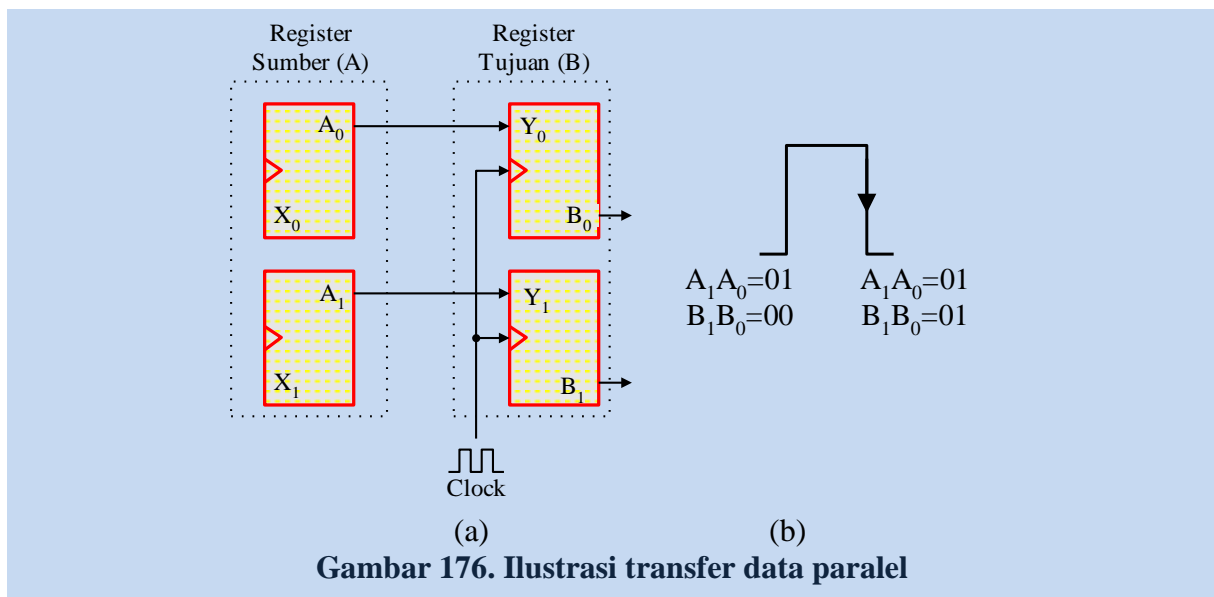
Selain itu, operasi mikro juga meliputi operasi transfer yakni pemindahan data dari satu register ke register yang lain. Pada operasi ini, isi suatu register yang dipindah ke register lain, setelah operasi dilakukan keadaannya tetap atau tidak berubah. Dengan kata lain, operasi transfer merupakan proses penyalinan data. Dalam hal ini, register yang isinya disalin

dinamakan register sumber (*source register*) dan register penampung data salinan dinamakan register tujuan (*destination register*). Mekanisme transfer data dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain transfer paralel dan transfer seri.

a. Transfer Data Paralel

Pada transfer data paralel, pemindahan atau penyalinan data dari register sumber ke register tujuan dilaksanakan secara serempak. Contoh dalam kehidupan sehari-hari transfer paralel dapat dianalogikan dengan peristiwa memasukkan sekelompok orang ke dalam stadion secara bersama-sama lewat sebuah pintu yang lebar. Dalam konteks register, hal ini berarti, semua data yang tersimpan pada setiap flip-flop yang merupakan elemen-elemen register sumber disalin secara serempak ke register tujuan. Untuk menyelenggarakan operasi transfer data paralel diperlukan register sumber dan tujuan jenis PIPO.

Gambar 176 menunjukkan ilustrasi transfer paralel. Pada gambar tersebut ditunjukkan sebuah register sumber (register A) dan register tujuan (register B) yang di dalamnya memiliki dua buah elemen flip-flop. Notasi yang digunakan pada register sumber adalah X_1 dan X_0 masing-masing input MSB dan LSB, serta A_1 dan A_0 masing-masing sebagai output MSB dan LSB. Sedangkan pada register tujuan digunakan notasi Y_1 dan Y_0 sebagai input MSB dan LSB, serta B_1 dan B_0 sebagai output MSB dan LSB.



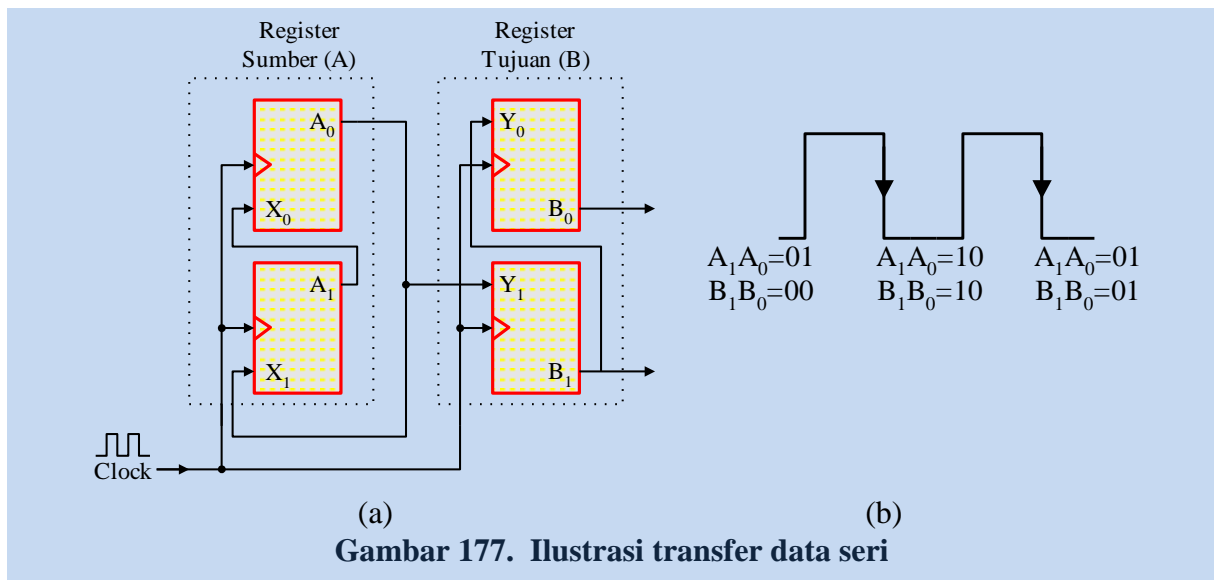
Gambar 176. Ilustrasi transfer data paralel

Pada transfer paralel, output setiap elemen register sumber dihubungkan dengan input setiap elemen register tujuan. Anggap keadaan output mula-mula dari register sumber adalah $A_1A_0=01$ dan output register tujuan $B_1B_0=00$. Jika pada setiap flip-flop penyusun register tujuan diberikan sebuah pulsa *clock* maka isi register sumber akan disalin secara serempak ke register tujuan sehingga output keduanya sama yakni $A_1A_0= B_1B_0=01$.

Agar Anda lebih memahami mekanisme transfer data paralel dari suatu register ke register lain coba lakukan percobaan berikut.

b. Transfer Data Seri

Pada transfer data seri, pemindahan data dilakukan bit demi bit. Dalam kehidupan sehari-hari transfer ini mirip dengan memasukkan sekelompok orang ke stadion tetapi lewat pintu yang sempit, sehingga harus dilakukan satu per satu. Untuk menyelenggarakan proses ini diperlukan register geser atau register seri yang susunannya seperti pada gambar 177 (a). Transfer ini juga memerlukan operasi *rotate* atau putar sehingga output LSB register sumber (A_0) selain dihubungkan ke input MSB register tujuan (Y_1), juga diumpangkan ke inputnya sendiri yakni input MSB (X_1).



Anggap mula-mula isi register sumber $A_1A_0=01$ dan isi register tujuan $B_1B_0=00$. Perhatikan rangkaian di luar register sumber pada gambar 177 (a)! Pada *clock* pertama isi A_0 dipindah ke B_1 lewat Y_1 sehingga $B_1B_0=10$. Sekarang perhatikan rangkaian di dalam register sumber! Pada saat yang bersamaan di dalam register sumber isi A_1 digeser ke A_0 lewat X_0 dan isi A_0 diputar ke A_1 sehingga isi register sumber menjadi $A_1A_0=10$. Pada *clock* kedua, dalam register tujuan isi B_1 digeser ke posisi B_0 , dan isi A_0 dipindah ke B_1 sehingga isi register tujuan menjadi $B_1B_0=01$. Pada bagian register sumber, isi A_1 digeser ke posisi A_0 dan isi A_0 diputar ke posisi A_1 sehingga isi register sumber menjadi $A_1A_0=01$. Proses transfer berhenti karena isi kedua register telah sama yakni 01. Terlihat bahwa untuk register 2-bit proses transfer data memerlukan dua buah pulsa *clock*.

C. Soal Latihan

Soal nomor 1 sampai dengan nomor 4 adalah jenis pilihan ganda. Kerjakan dengan cara memilih satu jawaban yang paling sesuai dari opsi yang tersedia.

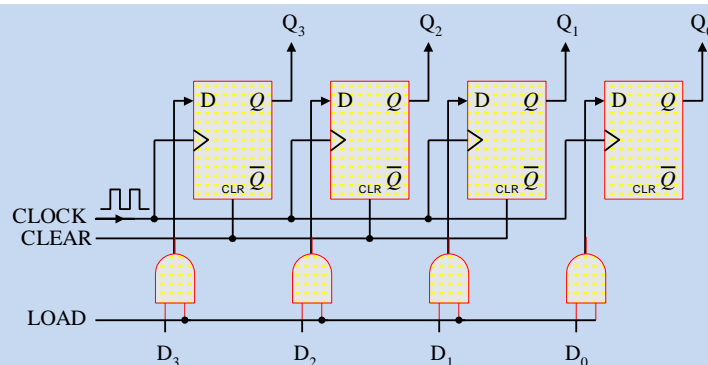
1. Rangkaian sekuensial adalah rangkaian logika yang outputnya:
 - a. tidak dilengkapi dengan memori
 - b. tidak tergantung pada waktu
 - c. tergantung pada keadaan inputnya
 - d. tergantung pada keadaan output sebelumnya
 - e. tergantung *clock*
2. Pengertian pencacah (*counter*) yang paling tepat adalah:
 - a. Rangkaian logika yang outputnya diambil dari output flip-flop penyusunnya
 - b. Rangkaian logika yang berfungsi menjumlah sinyal pada input-inputnya
 - c. Rangkaian logika yang mengandung elemen flip-flop
 - d. Rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data dalam satu baris memori
 - e. Rangkaian logika sekuensial yang berfungsi menjumlah pulsa *clock* yang masuk ke inputnya
3. Pencacah yang setiap elemennya bekerja secara tidak bersamaan dinamakan:
 - a. Pencacah Sinkron
 - b. Pencacah Asinkron
 - c. Pencacah Pulsa
 - d. Pencacah Ring
 - e. Pencacah Up-Down
4. *Shift register* melakukan penyimpanan data dengan cara:
 - a. Data dimasukkan secara serempak dengan menggeser bit-bit nya
 - b. Data dimasukkan secara serial dimulai dari data MSB
 - c. Data dimasukkan secara serial dimulai dari data LSB
 - d. Data dimasukkan secara serempak dalam waktu yang bersamaan
 - e. Data dimasukkan dengan cara menggeser bit-bit nya dimulai dari MSB

Soal-soal berikut ini adalah soal bentuk uraian (esai).

5. Berapa jumlah flip-flop yang diperlukan untuk membangun pencacah modulo-6, modulo-9, modulo-17, modulo-25, dan modulo-50?

6. Pencacah modulo-5 diberi input pulsa *clock* dengan frekuensi 2 MHz. Hitung frekuensi gelombang kotak pada output flip-flop terakhir (MSB)!
7. Rancang pencacah tak serempak modulo-9 dan modulo-24 menggunakan flip-flop J-K dengan:
 - a. *clear* jenis *active-high*, dan
 - b. *clear* jenis *active-low*
8. Susun rangkaian pencacah tak serempak modulo-4 dan modulo-13 menggunakan IC 7493!
9. Rancang rangkaian pencacah serempak modulo-6 menggunakan flip-flop T!
10. Rancang rangkaian pencacah serempak naik-turun modulo-7 menggunakan:
 - a. flip-flop J-K, dan
 - b. flip-flop T

Anggap pencacah tersebut memiliki input pengontrol urutan C. Jika C=1 output pencacah memberikan urutan naik dan apabila C=0 output pencacah memberikan urutan turun.
11. Susun rangkaian pencacah bertingkat modulo-50 menggunakan dua buah IC 7490. Lengkapi pencacah tersebut dengan peraga 7-segmen untuk menampilkan outputnya. Gunakan IC 7447 sebagai *decoder* BCD ke peraga 7-segmen jenis *common anode*! Susun pula rangkaian yang sama dengan menggunakan dua buah IC 74193!
12. Susun rangkaian register paralel 7-bit menggunakan flip-flop D dan tunjukkan dengan diagram waktu cara register tersebut menyimpan data 1100101.
13. Jelaskan mekanisme penyimpanan data pada soal 12 ke dalam register geser!
14. Perhatikan rangkaian register paralel dengan pengontrol LOAD berikut ini!



Gambar 178. Rangkaian untuk soal nomor 14 dan 15 Bab VII

Jika data 1011 dipasang pada input register, jelaskan cara penyimpanan data tersebut ke dalam register!

15. Gambarkan diagram waktu dari rangkaian pada gambar 178, jika data 1011 dipasang pada input register, dan sinyal LOAD=1 diberikan di antara *clock* ke-2 dan ke-3 sampai dengan *clock* ke-5.
16. Tunjukkan cara menyimpan data 1011 pada IC register 74178 secara paralel maupun seri! Lengkapi penjelasan Anda dengan gambar simbol dari 74178 yang telah diatur untuk keperluan operasi-operasi tersebut.
17. Susun rangkaian untuk menyelenggarakan transfer paralel register A ke register B. Anggap kedua register tersebut masing-masing merupakan register paralel 8-bit yang dibangun dari dua buah IC 74178. Jelaskan cara mengisi register A dengan data 10011001 dan memindahkan isi tersebut ke register B. Susun diagram waktu untuk operasi transfer tersebut jika data pada register A tersedia pada *clock* ke-2 dan sinyal PE=1 pada register B diberikan di antara *clock* ke-3 dan ke-4 sampai dengan *clock* ke-6!

DAFTAR PUSTAKA

- Elektuur (Alih bahasa: Wasito). 1996. *Data Sheet Book 1*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Hall, D. V. 1993. *Microprocessors and Interfacing: Programming and Hardware, 2/E*. Lake Forest: Glencoe Division of Macmillan/McGraw-Hill School Publishing Company.
- Hill, F. J. and Peterson, G. R. 1981. *Switching Theory and Logical Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Malvino, A. P. and Brown J. A. *Digital Computer Electronics*. Lake Forest: Glencoe Division of Macmillan/McGraw-Hill School Publishing Company.
- Mano, M. M. 1992. *Computer System Architecture (3rd Edition)*. Englewood Cliff: Prentice Hall, Inc.
- Mismail, B. 1998. *Dasar-Dasar Rangkaian Logika Digital*. Bandung: Penerbit ITB.
- Murdocca, M. and Heuring, V. P. 1999. *Principles of Computer Architecture*. Englewood Cliff: Prentice Hall, Inc.
- Sicard, E. and Xi, C. 2003. *Dsch2 Commands*. [Http://intrade.insa-tlse.fr/~etienne](http://intrade.insa-tlse.fr/~etienne)
- Smith, R. J. and Dorf, R. C. 1992. *Circuits, Devices and Systems*. New York: John wiley & Sons, Inc.
- Tocci, R. J. & Widmer, R. S. 2001. *Digital Systems: Principles and Applications, 8th Edition*. Englewood Cliff: Prentice Hall, Inc.
- www.digital.ni.com/public.nsf/allkb/826C981B3D0D3A9786256DD300188620. *How Do I Interface TTL Signals With CMOS Circuits?*
- [www.highered.mcgraw hill.com/sites/dl/free/0073126349/443702/Chapter05.pdf](http://www.highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0073126349/443702/Chapter05.pdf)
- www.interfacebus.com/voltage_threshold.html. *Logic Threshold Voltage Levels IC Specifications and Simple Interfacing*.

Lampiran 1.

Ragam Tegangan IC TTL dan CMOS

Secara umum keluarga besar IC dibagi menjadi dua yakni TTL (*transistor-transistor logic*) dan CMOS (*complementary meoductor*). Anggota keluarga keduanya ditunjukkan oleh tabel berikut ini.

Tabel 66.
Keluarga IC TTL

Keluarga TTL	
Nama	Awalan Nomor Seri IC
Standard TTL	74XX
Low Power TTL (L)	74LXX
Schottky TTL (S)	74SXX
High Speed TTL (H)	74HXX
Low-power schottky TTL (LS)	74LSXX
Advanced- Schottky TTL (AS)	74ASXX
Advanced Low Power Schottky (ALS)	74ALSXX
Fast (Advanced –Schottky) TTL (F) atau (AST)	74SXX atau 74ASTXX

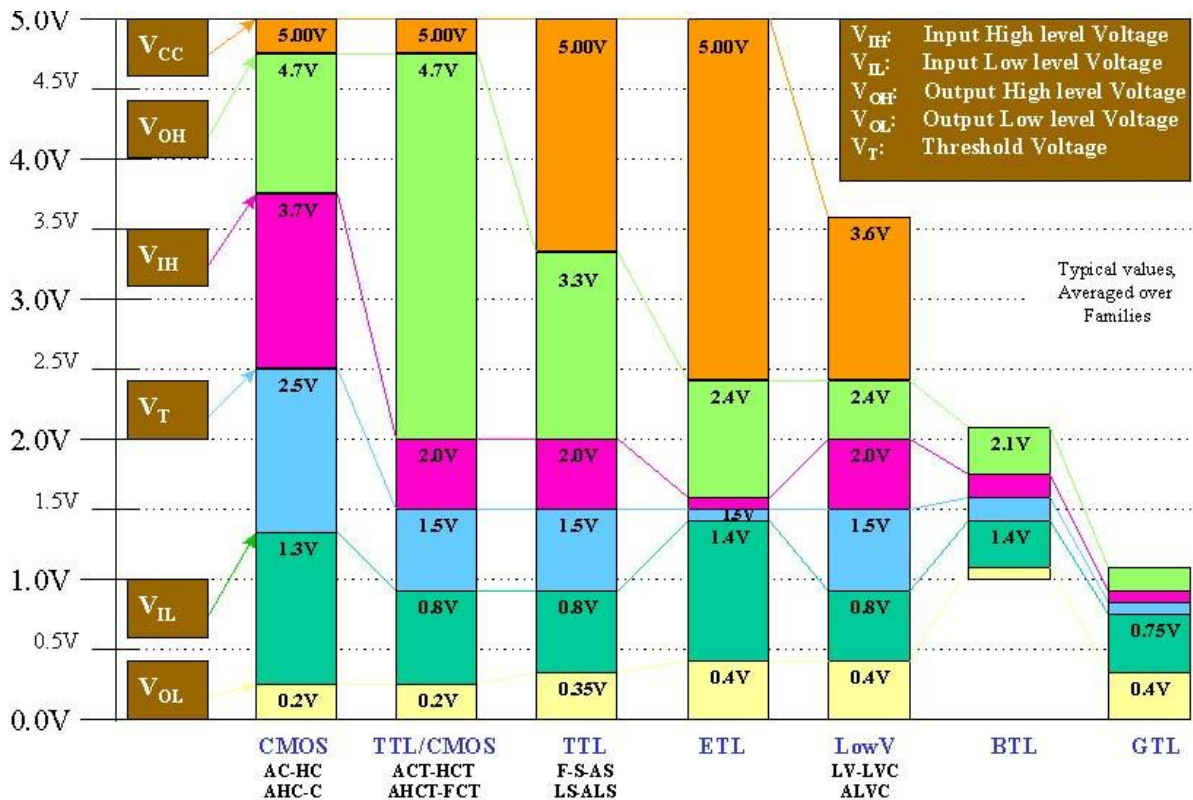
Sedangkan keluarga IC CMOS ditunjukkan tabel berikut ini.

Tabel 67.
Keluarga IC CMOS

Keluarga CMOS	
Nama	Awalan Nomor Seri IC
Standard CMOS (C)	74CXX
High Speed CMOS (HC)	74HCXX
Advanced CMOS (AC)	74ACXX
Advanced High Speed CMOS (AHC)	74AHCXX
Gabungan CMOS dan TTL:	
Advanced CMOS compatible TTL (ACT)	74ACTXX
High-speed CMOS compatible TTL (HCT)	74HCTXX
Advanced-High-Speed CMOS compatible TTL (AHCT)	74AHCTXX
Fast- CMOS compatible TTL (FCT)	74FCTXX

Lanjutan Lampiran 1.

Level tegangan IC keluarga TTL dan CMOS ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Sumber: www.interfacebus.com

Gambar 179. Level Tegangan IC Keluarga TTL dan CMOS

Dari gambar 179, berdasarkan tegangan catunnya, terdapat IC TTL maupun CMOS dengan tegangan catu 5 V dan 3,3 V. Jenis IC TTL/CMOS dengan tegangan catu 5 V adalah IC dengan awalan nomor seri 74FXX, 74SXX, 74ASXX, 74LSXX, 74ALSXX untuk TTL, dan 74ACXX, 74HCXX, 74AHCXX, dan 74CXX untuk CMOS. Sedangkan jenis IC dengan tegangan catu 3,3 V adalah IC TTL/CMOS dengan awalan nomor seri 74LVXX, 74LVCXX, dan 74ALVCXX.

Keterangan tambahan untuk gambar 179:

V_{CC} : tegangan yang diberikan pada pin catu daya

V_{IH} : *voltage input high*, merupakan tegangan positif minimum yang terpasang pada input yang akan diterima oleh piranti/IC sebagai logika tinggi

V_{IL} : *voltage input low*, adalah tegangan positif maksimum yang terpasang pada input yang akan diterima oleh piranti/IC sebagai logika rendah

V_{OL} : *voltage output low*, merupakan tegangan positif maksimum dari output yang dianggap oleh piranti/IC sebagai nilai maksimum positif logika rendah

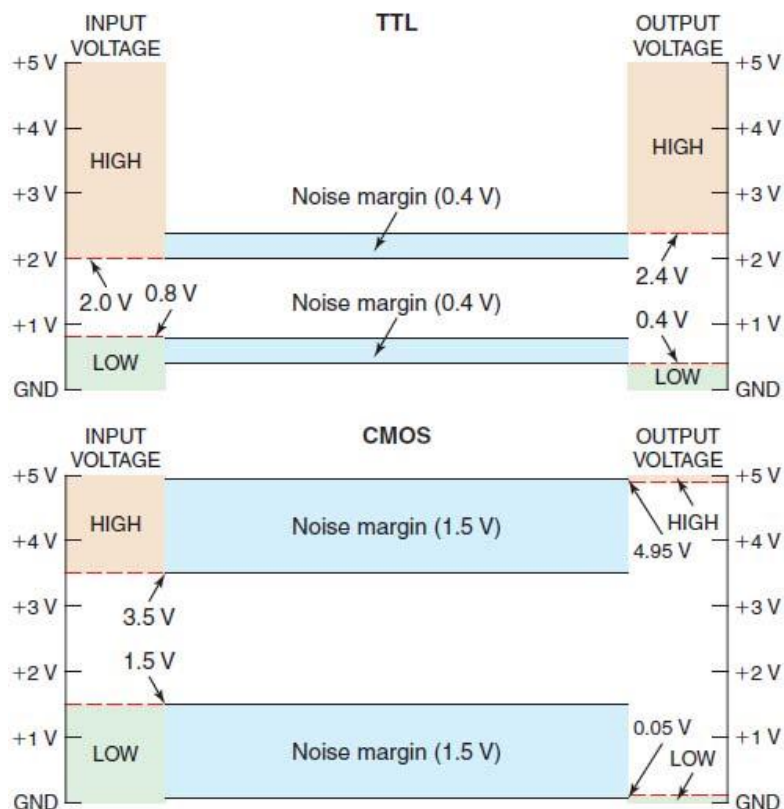
V_{OH} : *voltage output high*, merupakan tegangan positif maksimum dari output yang dianggap oleh piranti/IC sebagai nilai minimum positif logika tinggi

Lampiran 2.

Noise Margin

Salah satu kelebihan dari penggunaan CMOS sebagai piranti dalam sistem digital adalah selain kebutuhan dayanya rendah, juga kemampuannya yang baik dalam meredam *noise* yang tidak diinginkan. Dalam teknik digital, *noise* diartikan sebagai tegangan yang tidak diinginkan, biasanya muncul akibat induksi dari kabel-kabel penghubung maupun konduktor-konduktor pada papan rangkaian tercetak yang dapat berpengaruh pada level logika input sehingga menyebabkan kesalahan pada outputnya.

Kekebalan rangkaian digital terhadap *noise* disebut juga sebagai *noise margin* yang didefinisikan sebagai batas nilai tegangan yang tidak diinginkan yang dapat ditolak oleh piranti. *Noise margin* untuk TTL dan CMOS ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 180. Noise Margin IC TTL dan CMOS

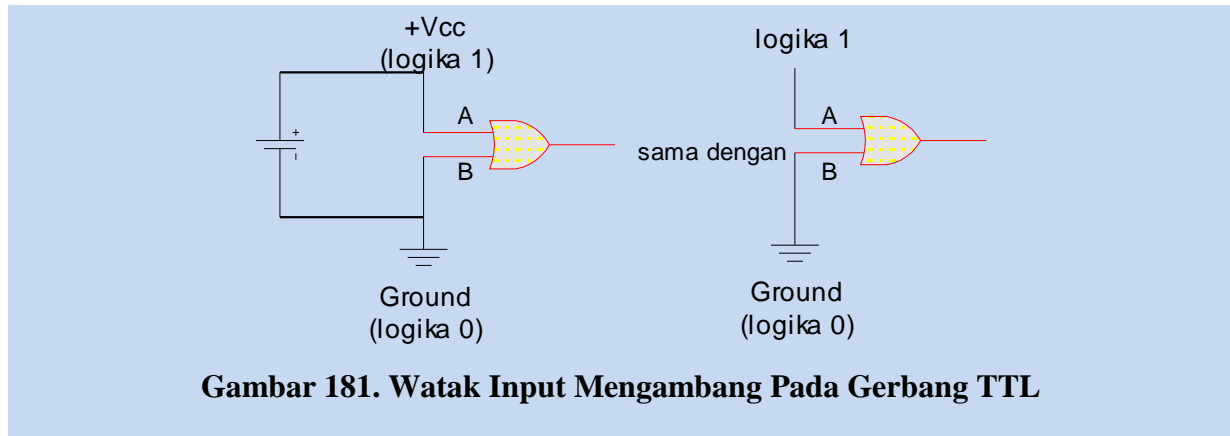
(Sumber: <http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0073126349/443702/Chapter05.pdf>)

CMOS memiliki *noise margin* yang lebih baik dibandingkan TTL. Dengan *noise margin* sebesar 1,5 V, CMOS menjadi lebih tidak peka dibandingkan TTL dengan *noise margin* sebesar 0,4 V.

Lampiran 3.

Floating Input

Salah satu watak dari gerbang-gerbang logika pada IC keluarga TTL adalah level logika inputnya tinggi ketika dalam keadaan mengambang (*floating*). Perhatikan contoh pada gambar berikut ini.

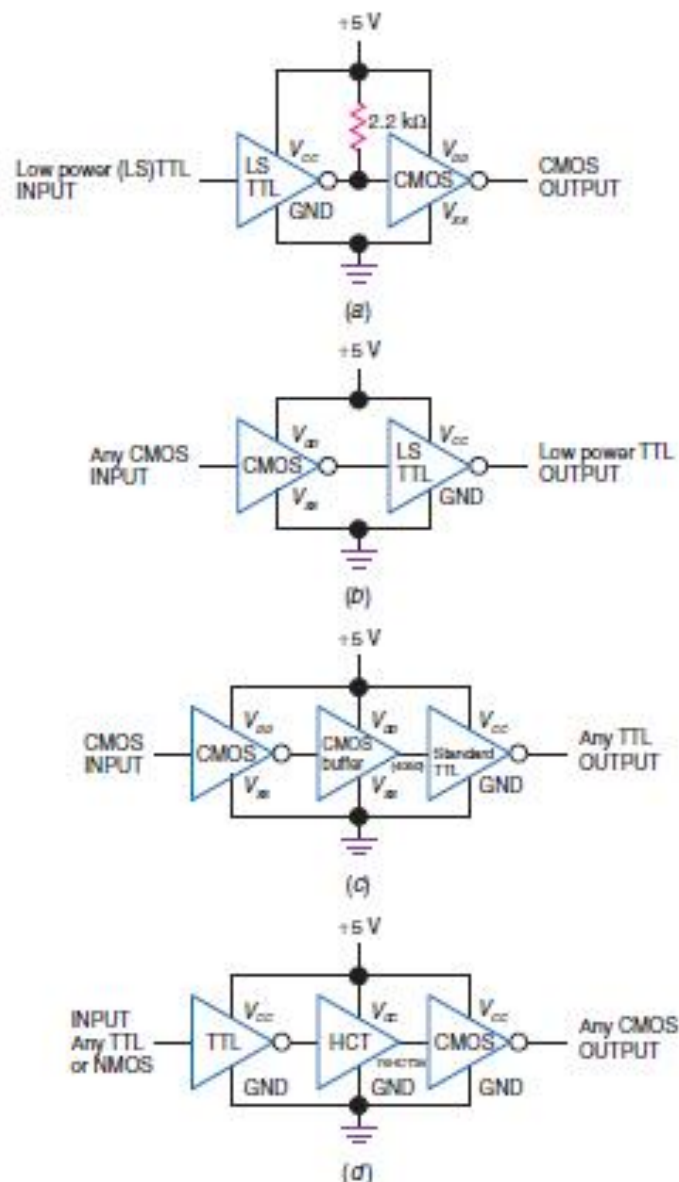


Pada gambar 181 kiri, input A bernilai logika tinggi (1) karena dihubungkan dengan catu daya +Vcc dan pada gambar sebelah kiri input A tetap memiliki nilai logika tinggi (1) walaupun tidak dihubungkan dengan +Vcc. Hal ini menandakan bahwa input mengambang (*floating input*) pada gerbang-gerbang TTL memiliki nilai logika tinggi.

Lampiran 4.

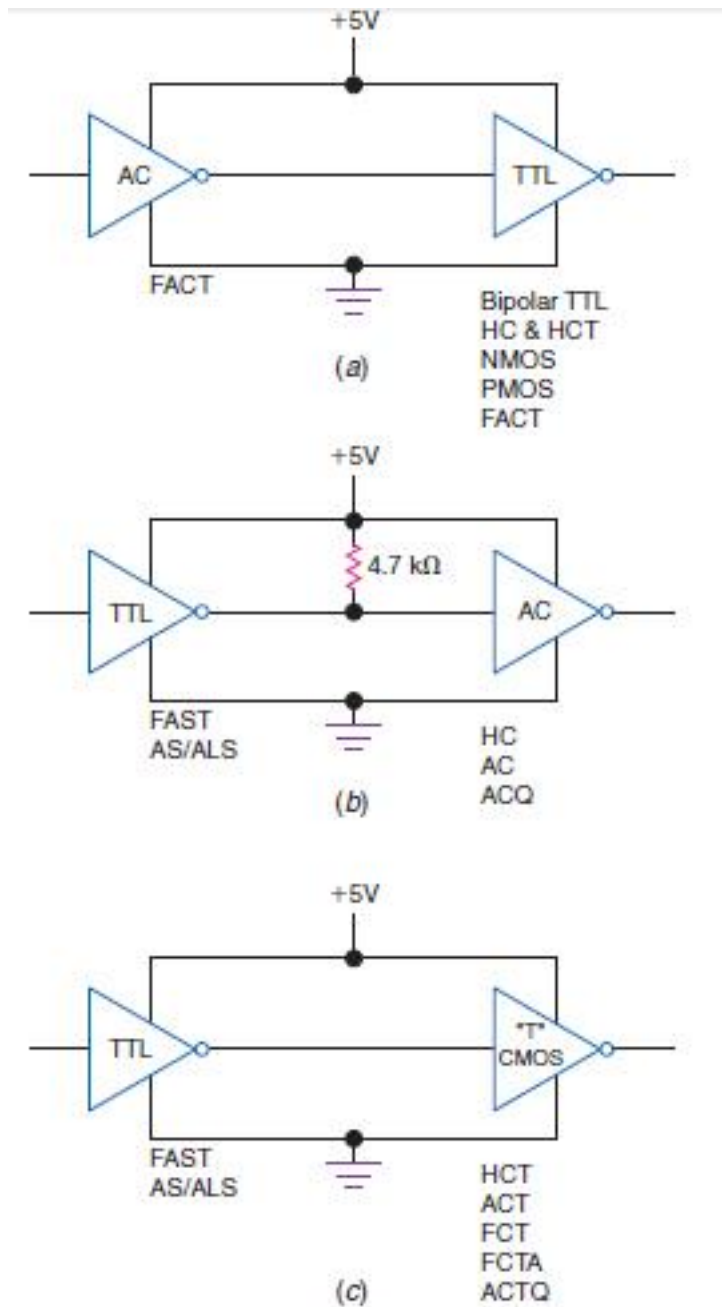
Teknik *Interface* TTL-CMOS, CMOS-TTL, dan antar TTL

Dalam perancangan rangkaian atau sistem digital seringkali digunakan kombinasi IC sebagai piranti-piranti yang digunakan. Agar setiap jenis IC yang digunakan dapat bekerja secara wajar/normal, perlu dilengkapi dengan rangkaian antarmuka pada piranti-piranti yang digunakan seperti pada gambar-gambar berikut ini.



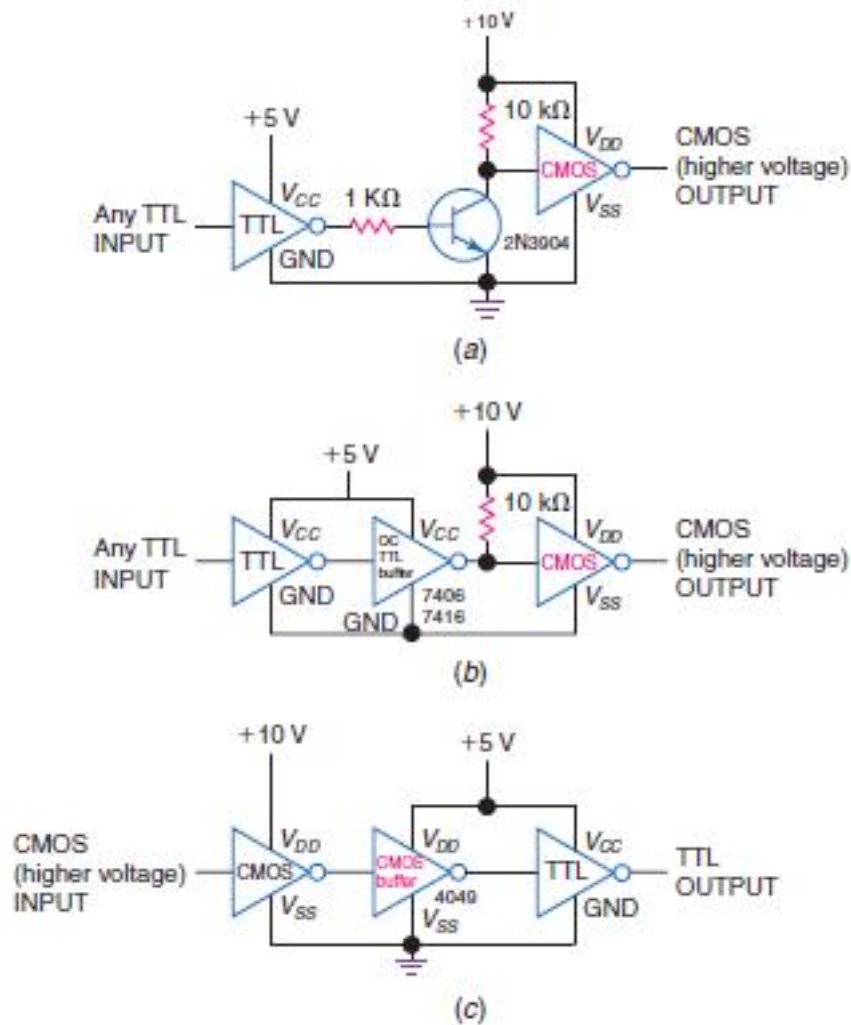
Gambar 182. *Interface* TTL dan CMOS Untuk Tegangan Catu +5V:(a) *Interface* Lowpower Schottky TTL ke CMOS Menggunakan Resistor *Pull-Up*, (b) *Interface* CMOS ke *Lowpower* TTL, (c) *Interface* CMOS ke TTL Standar Menggunakan CMOS Buffer, (d) TTL ke CMOS Menggunakan IC 74HCT00

Lanjutan Lampiran 4.



Gambar 183. *Interfacing FACT (Fairchild Advanced CMOS Technology)*, salah satu jenis IC CMOS Modern, Dengan Keluarga Lainnya: (a) FACT ke Keluarga TTL, (b) TTL ke FACT Menggunakan Resistor *Pull-Up*, (c) TTL ke CMOS "T"

Lanjutan Lampiran 4.



Gambar 184. *Interfacing* TTL dan CMOS Untuk Catu Daya Berbeda: (a) TTL ke CMOS Menggunakan Transistor Driver, (b) TTL ke CMOS Menggunakan IC Buffer TTL Open Collector, (c) CMOS ke TTL Menggunakan IC Buffer CMOS

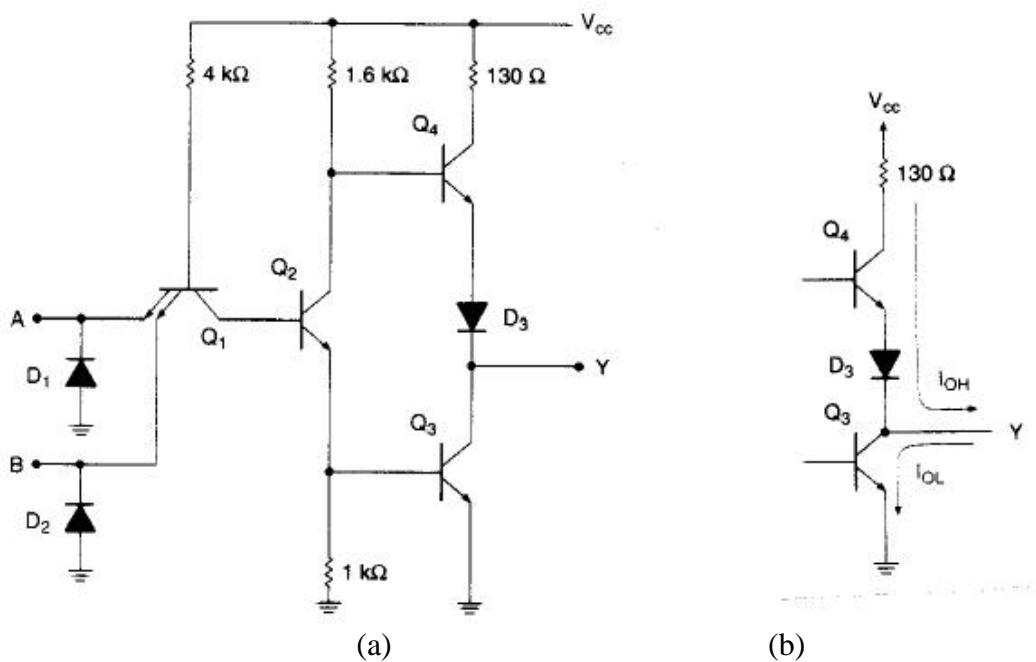
Lampiran 5.

Output Totem Pole dan Output Open Collector

Salah satu karakteristik IC keluarga TTL adalah memiliki konfigurasi output jenis *totem pole* dan *open collector*. Untuk suatu nomor seri IC TTL, pengguna dapat memilih jenis konfigurasi output yang diinginkan.

Output Totem Pole

Totem pole merupakan jenis output yang paling umum terdapat pada IC TTL. Gambar berikut ini adalah rangkaian internal IC 7400 yang menyediakan gerbang NAND dengan output jenis *totem pole*. Transistor Q3 dan Q4 disusun seperti tiang *totem* dan bekerja secara bergantian. Jika Q3 OFF, Q4 ON, maka arus I_{OH} sebesar maksimum 0,4 mA mengalir lewat Q4, D3 dan Y menyebabkan output Y bernilai mendekati VCC atau berlogika tinggi. Sedangkan jika Q3 ON, Q4 OFF, arus I_{OL} sebesar maksimum 1,6 mA mengalir dari Y lewat Q3 ke *ground*, menyebabkan output Y bernilai mendekati tegangan *ground* atau berlogika rendah.

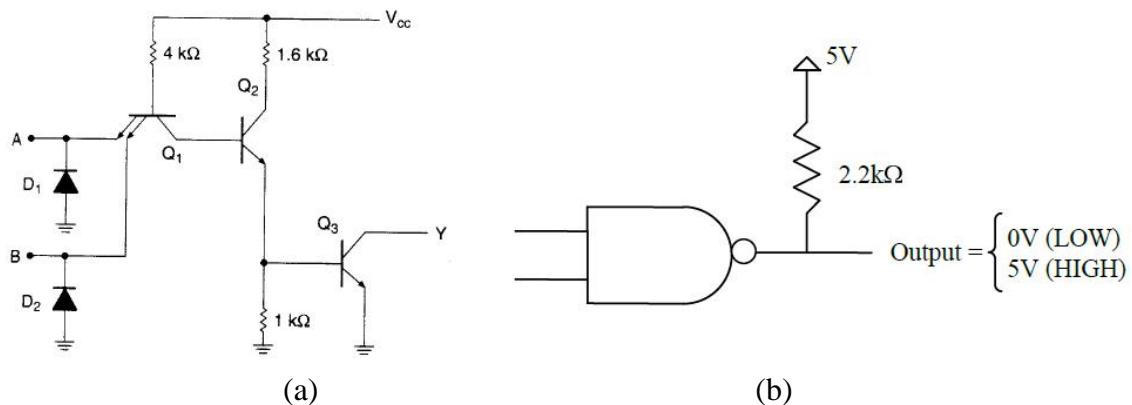


Gambar 185. (a) Rangkaian Internal IC TTL 7400 Dengan Konfigurasi Output Totem Pole, (b) Jalur Arus Pada

Lanjutan Lampiran 5.

Output *Open-Collector*

Jenis output yang lain dari IC TTL adalah *open-collector*. Gambar berikut ini adalah rangkaian internal IC 7401 yang menyediakan fungsi NAND dengan output jenis *open collector*.

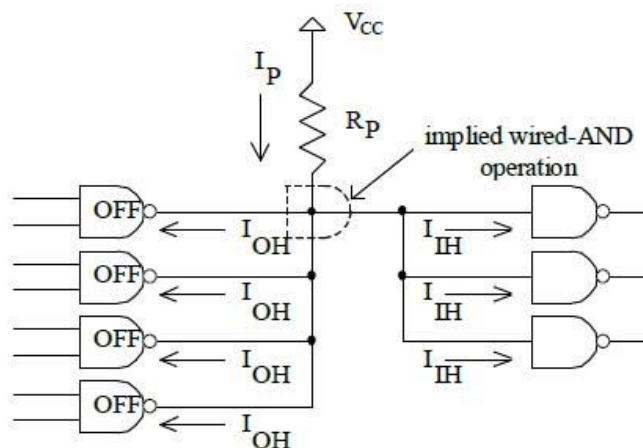


Gambar 186. (a) Rangkaian Internal IC 7401 Dengan Output Jenis *Open-Collector*, (b) Output Gerbang NAND Dengan *Pull-Up* Resistor

Output *open-collector* menggunakan sebuah transistor yakni Q3. Jika transistor Q3 ON maka Y terhubung dengan *ground* sehingga output Y bernilai logika rendah. Namun jika transistor Q3 OFF, maka *collector* dalam keadaan terbuka, sehingga perlu dipasang resistor eksternal *pull-up* seperti gambar 186 (b) agar outputnya memberikan nilai logika tinggi .

Dibandingkan dengan output *totem pole*, penggunaan IC TTL dengan output jenis *open-collector* dapat memberikan keuntungan yakni:

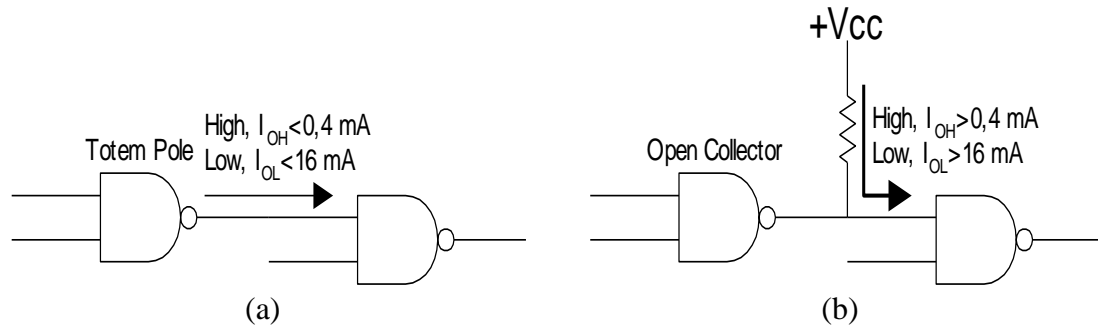
1. Jika diinginkan operasi AND terhadap banyak outputnya, pada jenis *open collector*, output-outputnya dapat disambungkan secara langsung menjadi satu tanpa merusak IC. Hal ini tidak bisa dilakukan pada IC TTL jenis output *totem pole*, karena dapat merusak piranti tersebut. Gambar berikut ini adalah ilustrasi peng-AND-an (ANDing) dari output-output gerbang *open collector*.



Gambar 187. Operasi AND-ing Pada Output *Open Collector*

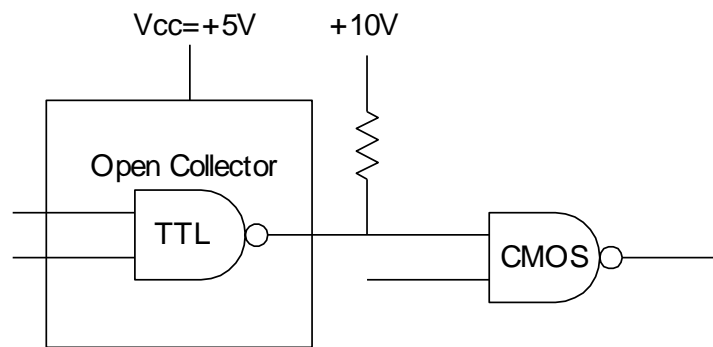
Lanjutan Lampiran 5.

2. Dapat meningkatkan level arus output. Gerbang-gerbang pada IC TTL standar dengan output jenis *totem pole* hanya mampu menyediakan arus output logika tinggi sebesar 0,4 mA dan logika rendah sebesar 1,6 mA. Namun, beberapa gerbang TTL jenis output *open collector* mampu memberikan arus dengan level lebih tinggi.



Gambar 188. (a) Output *Totem Pole* Hanya Menyediakan Arus Maksimum 0,4 mA (I_{OH}) dan 16 mA (I_{OL}), (b) *Open Collector* Dapat Menyediakan Arus Output Lebih Besar

3. Dengan menggunakan gerbang jenis *open collector*, menjadikan *interfacing* TTL dengan berbagai keluarga IC logika lain yang memiliki tegangan berbeda, mudah dilakukan. Output IC TTL *open collector* dengan $V_{CC}=+5V$ dapat memberi umpan tegangan 10V ke input IC CMOS, jika outputnya dilakukan *pull-up* menggunakan tegangan +10V.



Gambar 189. *Interfacing* TTL ($V_{CC}=5V$) ke CMOS ($V_{CC}=10V$) Mudah Dilakukan Pada TTL Dengan Output *Open Collector*

Lampiran 6.

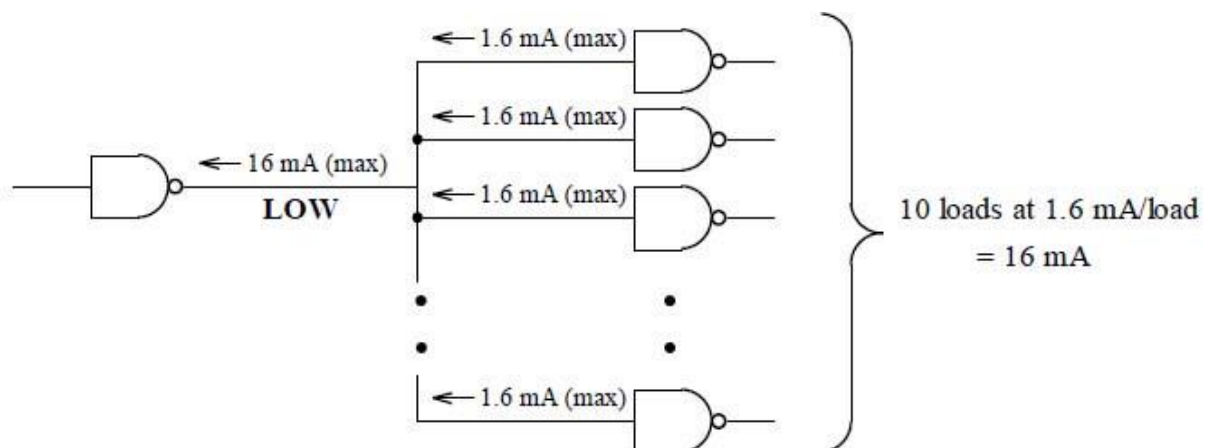
Fanin dan Fanout

Fanin didefinisikan sebagai jumlah maksimum input yang masih dapat diterima oleh suatu gerbang logika. Dalam hal ini, jika jumlah input melebihi *fanin*, output gerbang akan menjadi salah atau tidak terdefinisi masuk level rendah atau tinggi.

Fanout adalah jumlah beban standar yang masih dapat dihubungkan dengan output suatu gerbang logika. Jumlah beban standar yang dimaksud adalah perbandingan besarnya arus output suatu gerbang terhadap arus input pada setiap gerbang-gerbang yang dihubungkan dengan output tersebut, atau dapat ditulis:

$$\text{fanout} = \frac{I_{OL}(\text{max})}{I_{IL}(\text{max})} \quad \text{atau} \quad \text{fanout} = \frac{I_{OH}(\text{max})}{I_{IH}(\text{max})}$$

Gerbang-gerbang TTL standar memiliki *fanout* sebesar 10. Ilustrasi *fanout* dapat ditunjukkan melalui gambar berikut ini.



Gambar 190. Ilustrasi fanout dari suatu gerbang logika

Lampiran 7.

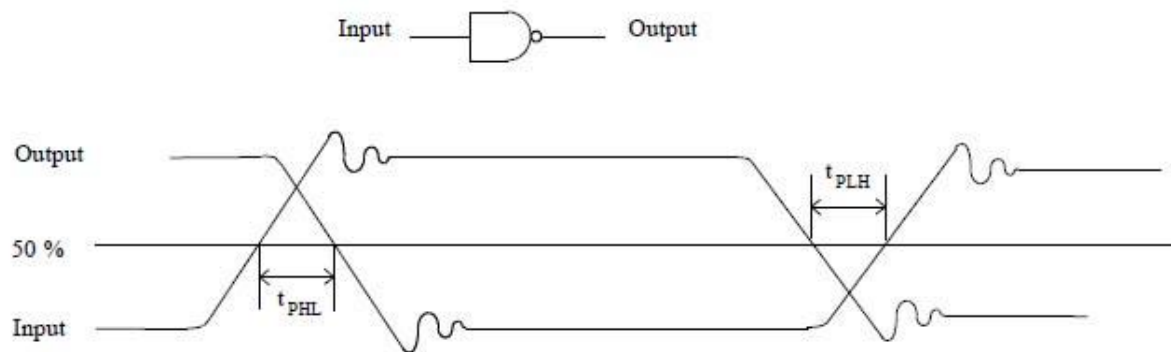
Tunda Perambatan (*Propagation Delay*)

Tunda perambatan adalah waktu yang diperlukan oleh gerbang dalam mengubah level logika dari tinggi ke rendah atau sebaliknya. Tunda perambatan pada gerbang logika biasanya berbeda ketika berubah dari rendah ke tinggi dan dari tinggi ke rendah, sehingga terdapat dua jenis tunda perambatan yakni:

t_{PLH} : tunda perambatan ketika output berubah dari rendah ke tinggi

t_{PHL} : tunda perambatan ketika output berubah dari tinggi ke rendah

Ilustrasi kedua tunda perambatan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut ini.

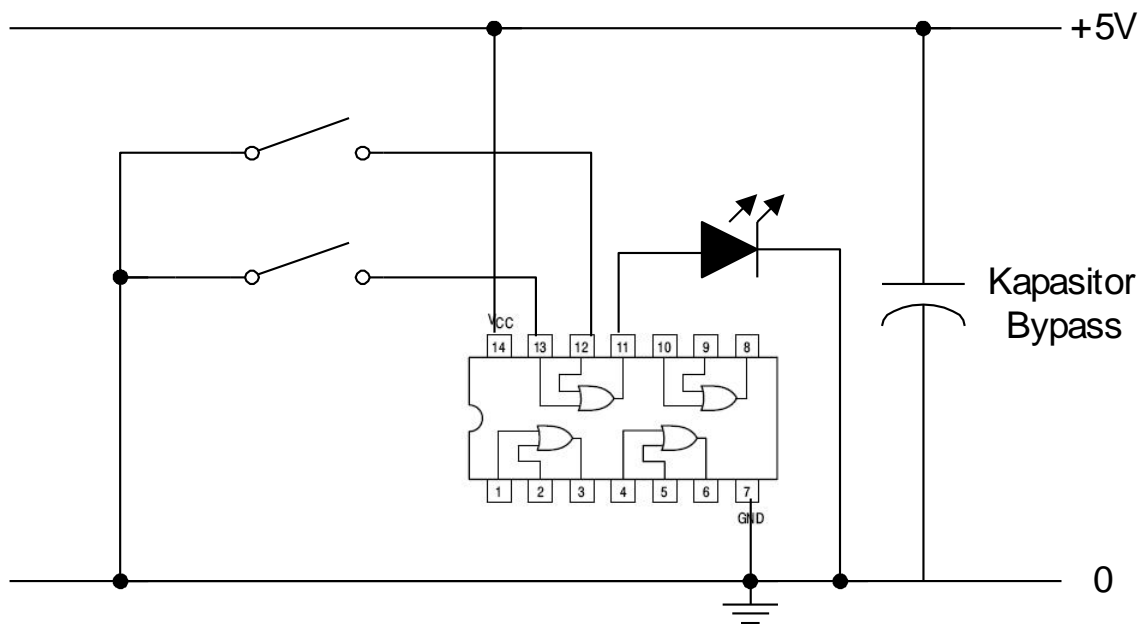


Gambar 191. Ilustrasi Tunda Perambatan pada Gerbang Logika

Lampiran 8.

Kapasitor *By Pass* Pada Catu Daya

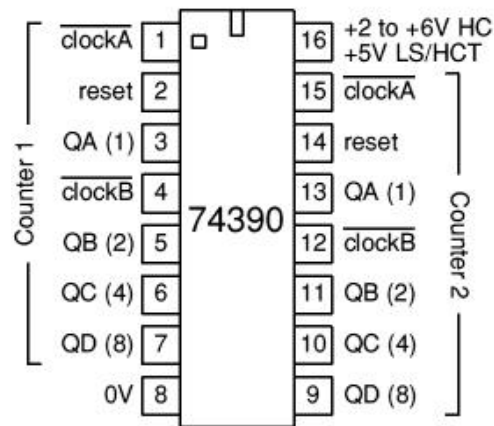
Dalam sebuah rangkaian memungkinkan munculnya *noise* atau tegangan-tegangan yang tidak dikehendaki masuk dalam inputnya. *Noise* dapat ditimbulkan karena induksi arus dari kabel-kabel penghubung maupun konduktor-konduktor pada papan rangkaian tercetak yang dapat berpengaruh pada level logika input sehingga menyebabkan kesalahan pada outputnya. Untuk meredam munculnya *noise* ini perlu dipasang kapasitor *bypass* sedekat mungkin pada kaki catudaya setiap IC logika yang digunakan.



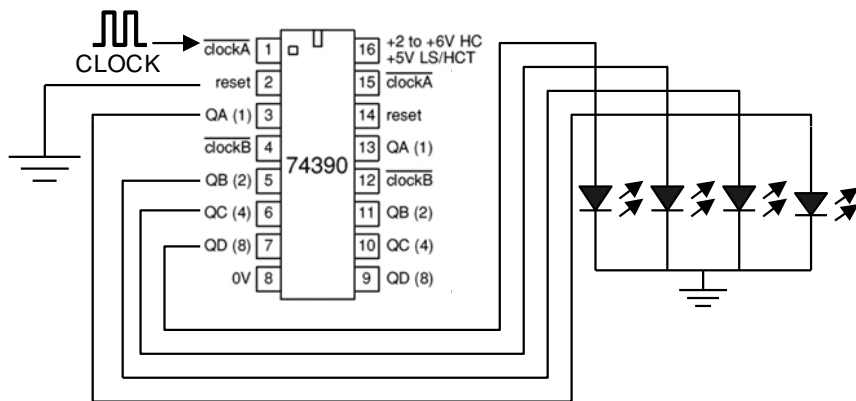
Gambar 192. Contoh Pemasangan Kapasitor By Pass

Lampiran 9.

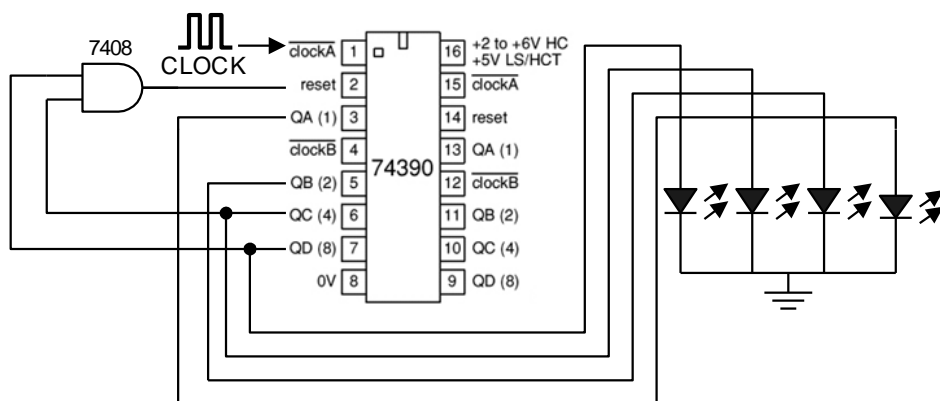
Pinout IC 74393:



Pencacah modulo-16 menggunakan IC 74393:

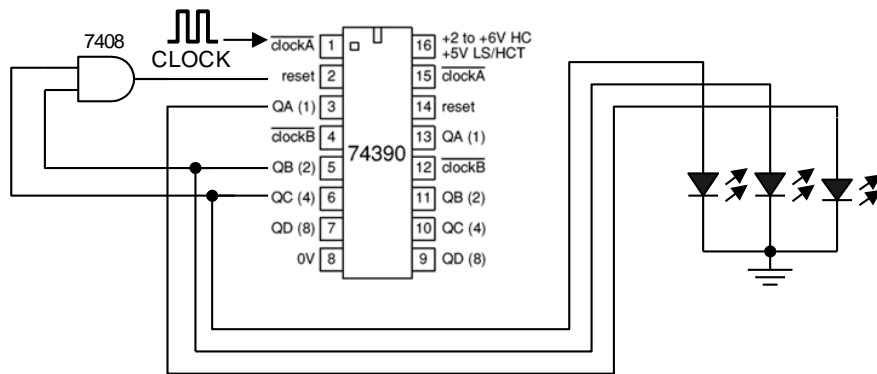


Pencacah modulo-12 menggunakan IC 74393:

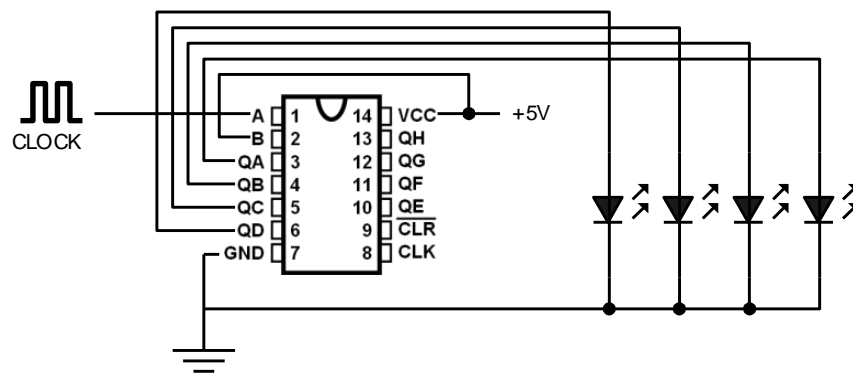


Lanjutan lampiran 9.

Pencacah modulo-6 menggunakan IC 74393:



Rangkaian register geser (SIPO) 4-bit menggunakan IC 74164:





Modul 4

Panduan Pengoperasian **SIMULATOR *BREADBOARD***

Perangkat Pembelajaran *Online*
Praktik Teknik Digital
di Perguruan Tinggi

Muchlas

Modul 4

Panduan Pengoperasian SIMULATOR *BREADBOARD*

Perangkat Pembelajaran *Online*
Praktik Teknik Digital
di Perguruan Tinggi

KATA PENGANTAR

Panduan pengoperasian simulator *breadboard* ini digunakan untuk melatih para mahasiswa dan instruktur dalam mempersiapkan diri melaksanakan kegiatan praktik teknik digital di lingkungan program studi teknik elektro dan program studi-program studi serumpunnya.

Simulator *breadboard* mampu menyediakan alat dan bahan virtual yang diperlukan dalam mendukung pembelajaran praktik teknik digital. Selain itu, simulator ini juga dapat melakukan simulasi watak dari rangkaian-rangkaian yang telah disusun menggunakan *breadboard* dan komponen-komponen virtual. Oleh karena simulator ini berfungsi sebagai pengganti laboratorium real, maka sebelum melaksanakan kegiatan praktik secara *online*, para mahasiswa diharapkan telah memiliki keterampilan yang cukup dalam mengoperasikan simulator ini agar praktik dapat dilaksanakan dengan benar dan lancar.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dr. Chris Bailey selaku pimpinan proyek pengembangan simulator *breadboard* dari jurusan Ilmu Komputer Universitas York Inggris, yang telah mengizinkan digunakannya simulator ini sebagai salah satu perangkat pembelajaran praktik teknik digital dengan pendekatan kolaborasi *online* di perguruan tinggi Indonesia.

Dengan berbagai keterbatasannya, panduan ini diharapkan dapat digunakan secara efektif sebagai sarana untuk melatih keterampilan mahasiswa dalam menggunakan simulator *breadboard*.

Yogyakarta, September 2012
Penyusun,

Muchlas

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAGIAN I. PAPAN RANGKAIAN ELEKTRONIK <i>BREADBOARD</i>	1
A. Pengertian	1
B. Struktur Breadboard	2
C. Penyusunan Rangkaian Dengan <i>Breadboard</i>	3
BAGIAN II. PERSYARATAN OPERASI SIMULATOR <i>BREADBOARD</i>	5
A. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	5
B. Instalasi Java Runtime Environment (JRE)	5
C. Instalasi Simulator <i>Breadboard</i>	7
BAGIAN III. KELENGKAPAN SIMULATOR <i>BREADBOARD</i>	9
A. <i>Breadboard</i>	9
B. Piranti IC (<i>Chip</i>)	11
C. Kabel Penghubung	17
D. Komponen Input	18
E. Komponen Output	23
BAGIAN IV. PENYUSUNAN DAN SIMULASI RANGKAIAN LOGIKA	26
A. Membuat Rangkaian Baru	26
B. Memperbaiki Rangkaian	33
C. Penggunaan Multi <i>Breadboard</i>	35
D. Menyisipkan Rangkaian	38
DAFTAR PUSTAKA	40

BAGIAN I

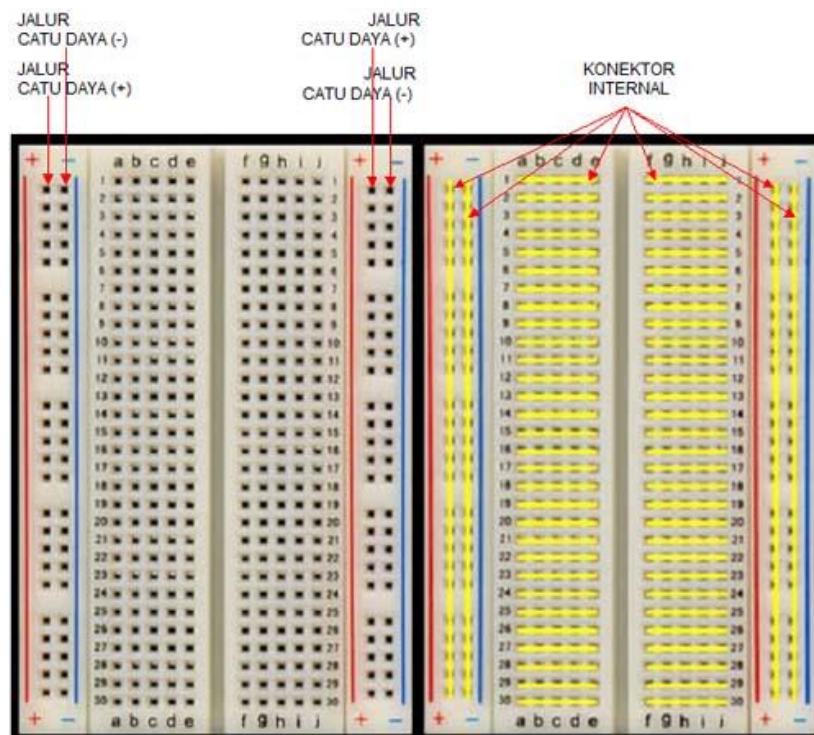
PAPAN RANGKAIAN ELEKTRONIK *BREADBOARD*

A. Pengertian

Breadboard adalah papan yang digunakan untuk menempatkan dan menyusun piranti/komponen-komponen elektronika menjadi rangkaian elektronika tanpa penyolderan. Hubungan antar piranti/komponen yang satu dengan piranti/komponen elektronika yang lain pada *breadboard* dilakukan melalui kawat/kabel.

B. Struktur *Breadboard*

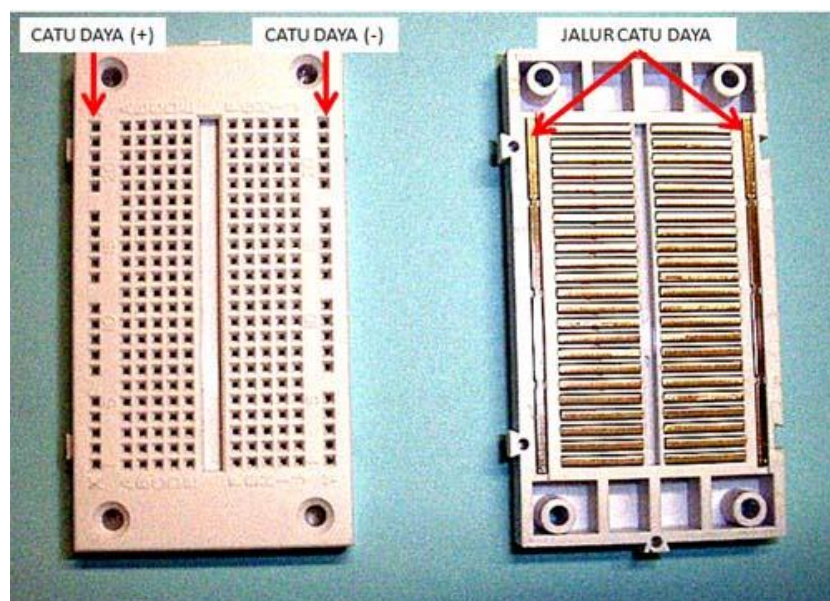
Papan rangkaian ini dibuat dari plastik dan di dalamnya terdapat konektor-konektor yang dapat menjepit kaki-kaki piranti/komponen maupun ujung-ujung kabel. Struktur *breadboard* ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Struktur *Breadboard*

Lubang-lubang pada *breadboard* berfungsi menjepit kaki-kaki komponen/piranti dan kabel/kawat yang akan dirangkai. Gambar 1 sebelah

kanan menunjukkan struktur konektor dalam *breadboard*. Konektor ditunjukkan dengan garis berwarna kuning. Pada sisi kiri dan kanan masing-masing terdapat dua jalur konektor yang berfungsi sebagai terminal positif (+) dan terminal negatif (-) catu daya. Sedangkan konektor-konektor pada jalur yang bertanda a-b-c-d-e dan f-g-h-i-j terputus dipisahkan oleh spasi yang digunakan untuk menempatkan piranti IC (*integrated circuit*) atau komponen dengan kemasan *dual-in-line package* (DIP). Struktur *breadboard* yang lain ditunjukkan gambar 2 berikut ini.



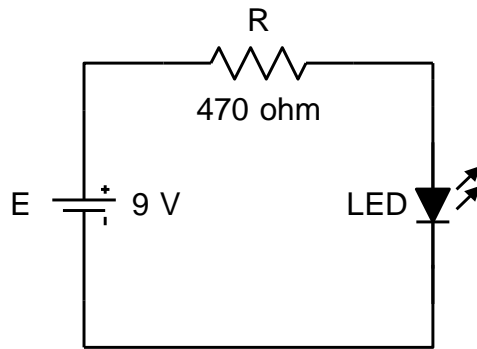
Gambar 2. Struktur *Breadboard* Jenis Lain

Ukuran *breadboard* pada gambar 2 lebih kecil dibandingkan ukuran *breadboard* pada gambar 1 dan hanya terdapat masing-masing satu jalur konektor pada sebelah kiri dan kanan sisinya. Umumnya, jalur sebelah kiri digunakan untuk terminal positif (+) dan jalur konektor sebelah kanan untuk terminal negatif (-) catu daya.

Oleh karena penyusunan rangkaian menggunakan *breadboard* dilakukan tanpa penyolderan dan hubungan antar komponen/piranti yang satu dengan lainnya dilakukan melalui kabel, maka perlu disediakan kabel yang memenuhi syarat. Pada umumnya kabel yang digunakan untuk mendukung penggunaan *breadboard* adalah kabel tunggal yang mudah dimasukkan ke dalam lubang-lubang pada papan itu.

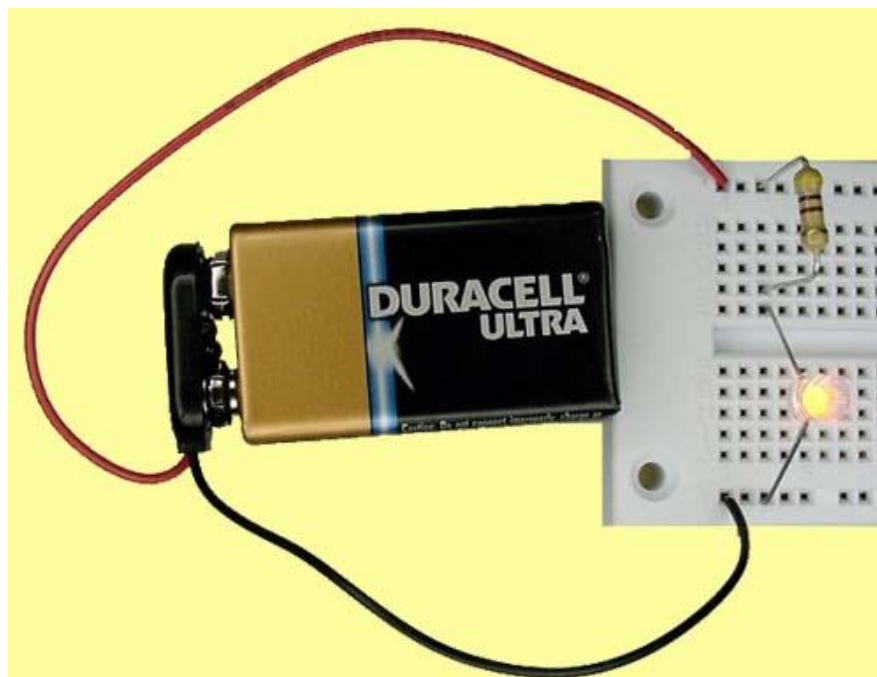
C. Penyusunan Rangkaian Dengan *Breadboard*

Bagaimanakah cara menggunakan *breadboard* untuk menyusun sebuah rangkaian LED (*light emitting diode*) sederhana dengan skema seperti pada gambar 3?



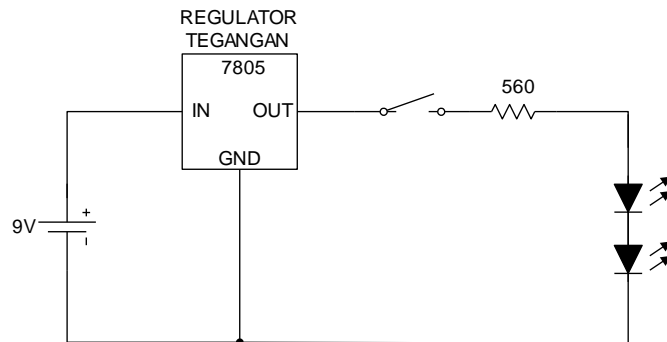
Gambar 3. Rangkaian LED Sederhana

Untuk menyusun rangkaian tersebut menggunakan *breadboard*, maka perlu disiapkan terlebih dahulu alat dan bahan yakni sebuah LED, sebuah resistor 470 ohm, sebuah baterai 9 volt, beberapa potong kabel tunggal dan pemotong kabel. Selanjutnya, piranti dan komponen dipasang seperti gambar 4 berikut ini.



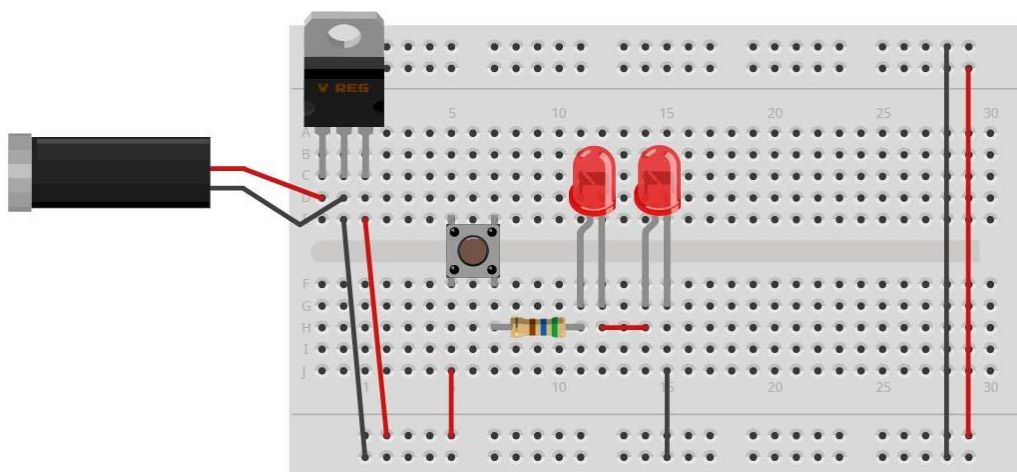
Gambar 4. Susunan Piranti dan Komponen Rangkaian LED Pada *Breadboard*

Contoh lain, coba susun rangkaian stabilisator tegangan seperti pada gambar berikut ini menggunakan *breadboard*!



Gambar 5. Rangkaian Stabilisator Tegangan

Untuk menyusun rangkaian pada gambar 5 menggunakan *breadboard*, perlu disiapkan terlebih dahulu bahan dan alat yang diperlukan yakni *breadboard*, sumber tegangan 9V, IC regulator 7805, saklar tunggal, resistor 560 ohm, LED dua buah, beberapa potong kabel tunggal dan peralatan pemotong kabel. Selanjutnya dilakukan penyusunan komponen-komponen dan piranti-piranti yang tersedia sehingga menghasilkan rangkaian seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Susunan Rangkaian Menggunakan *Breadboard* Untuk Gambar 5

Selain tersedia dalam bentuk nyata, *breadboard* tersedia juga dalam bentuk virtual. Perangkat lunak yang menyediakan *breadboard* virtual ini dinamakan simulator *breadboard*.

BAGIAN II

PERSYARATAN OPERASI SIMULATOR *BREADBOARD*

Salah satu simulator yang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan praktikum Teknik Digital melalui laboratorium virtual adalah simulator *breadboard*. Simulator ini menyediakan alat dan bahan virtual berupa *breadboard* dengan catu dayanya, berbagai IC logika jenis TTL (*transistor-transistor logic*), komponen saklar, peraga LED dan 7-segmen, kabel serta *logic probe*. Simulator *breadboard* dikembangkan oleh Tim dari Jurusan Ilmu Komputer Universitas York Inggris di bawah arahan *project supervisor* Dr. Chris Bailey. Simulator ini merupakan program aplikasi *desktop* dibuat dengan program Java dan dapat berjalan pada komputer lokal di atas sistem operasi Windows.

A. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Simulator *breadboard* dapat berjalan dengan baik jika tersedia perangkat keras dan perangkat lunak dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Perangkat keras yang tersedia dapat berupa komputer desktop atau laptop dengan spesifikasi standar untuk pengoperasian aplikasi *desktop*. Perangkat keras ini harus bisa mendukung operasi program-program aplikasi *desktop* seperti program-program *Microsoft Office*.
2. Pada komputer lokal harus terpasang sistem operasi keluarga Windows seperti Windows XP, Windows Vista atau Windows 7
3. Pada komputer lokal harus terpasang program *Java Runtime Environment* (JRE).

B. Instalasi *Java Runtime Environment* (JRE)

Simulator *breadboard* yang digunakan merupakan *applet* Java sehingga memerlukan JRE untuk menjalankannya. Cara instalasi program JRE dapat diikuti sebagai berikut:

1. Pengguna disarankan menggunakan JRE versi terbaru dengan *download* terlebih dahulu *installer* dari *server* Softpedia menggunakan link:
<http://www.softpedia.com/dyn-postdownload.php?p=71050&t=0&i=1>.

2. Lakukan instalasi JRE tersebut pada komputer anda dengan urutan: jalankan *installer* JRE dengan klik *double* pada *file hasil download* dan klik *Install* setelah muncul jendela *Java Setup-Welcome* berikut ini!



Gambar 7. Jendela *Java Setup Welcome*

3. Sesaat akan ditampilkan jendela status instalasi dan anda harus menunggu.



Gambar 8. Jendela Status Instalasi *Java Setup*

4. Setelah muncul jendela *Java Setup-Complete*, klik pada tombol *Close* untuk mengakhiri proses instalasi JRE.



Gambar 9. Jendela *Java Setup-Complete*






Sampai tahap ini instalasi persyaratan operasi simulator *breadboard* telah selesai dilakukan dan komputer anda sekarang telah siap menjalankan simulator *breadboard*.

C. Instalasi Simulator *Breadboard*


Untuk menginstalasi simulator *breadboard* di komputer lokal, lakukan langkah-langkah berikut ini:

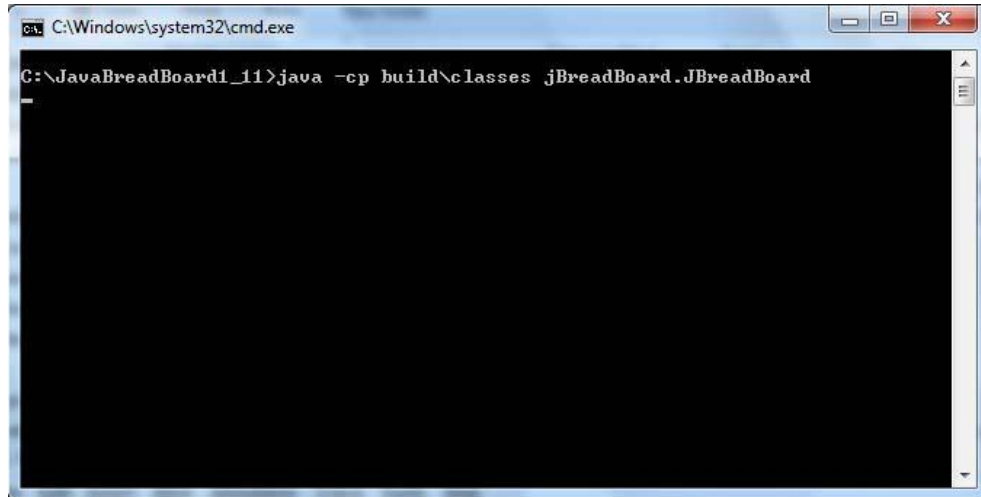
1. Lakukan *download* terlebih dahulu program simulator ini dari: Server Universitas York, Inggris dengan link:
www.cs.york.ac.uk/jbb/archive/toolset/JavaBreadBoard1-11.zip
2. Lakukan *extract* terhadap file *JavaBreadBoard1_11.zip* menggunakan program seperti WinZip, pilihlah lokasi *folder* hasil *extract* misalnya di C. Jika ekstraksi file tersebut berhasil maka akan menghasilkan folder C:\JavaBreadBoard1_11 dan

di dalamnya terdapat file *go* dengan icon  *go*. Secara lengkap isi foldernya adalah:

Name	Date modified	Type	Size
 ReadMe	19/05/2010 12:31	Text Document	2 KB
 go.sh	11/05/2010 21:17	SH File	1 KB
 go	11/05/2010 21:16	COMMAND File	1 KB
 go	27/10/2011 21:05	Windows Batch File	1 KB
 build	27/10/2011 21:05	File folder	

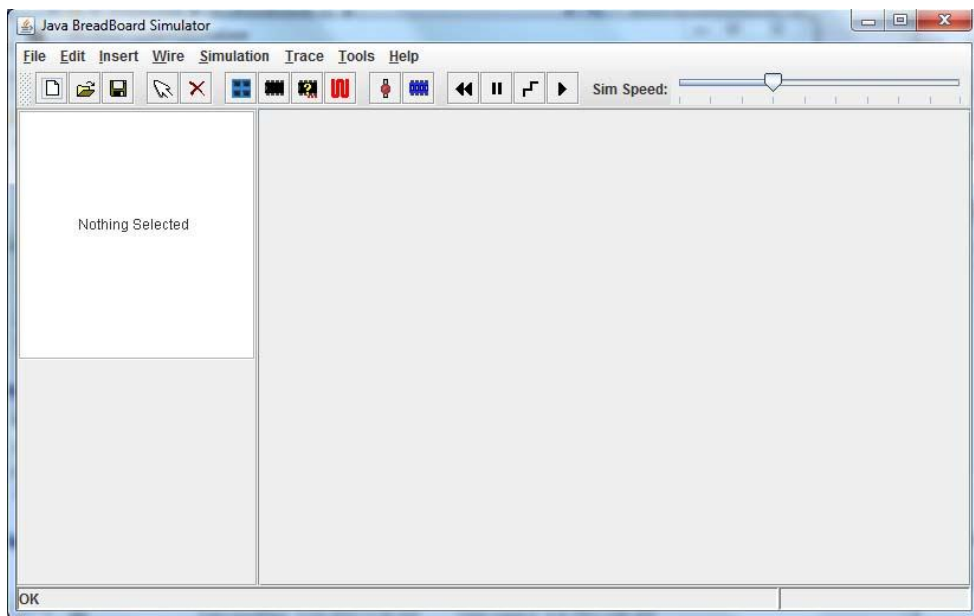
Gambar 10. Isi Folder Simulator *Breadboard*

3. Untuk mencoba keberhasilan instalasi, jalankan simulator *breadboard* dengan klik *double* pada  go. Program akan menampilkan 2 jendela, yakni pertama:




Gambar 11. Jendela Eksekusi Java

Biarkan jendela ini tetap ada selama anda menjalankan program simulator *breadboard*. Jika tampilannya mengganggu, lakukan *minimizing* saja, dengan klik pada tanda "-", jangan ditutup, dan jendela kedua adalah:



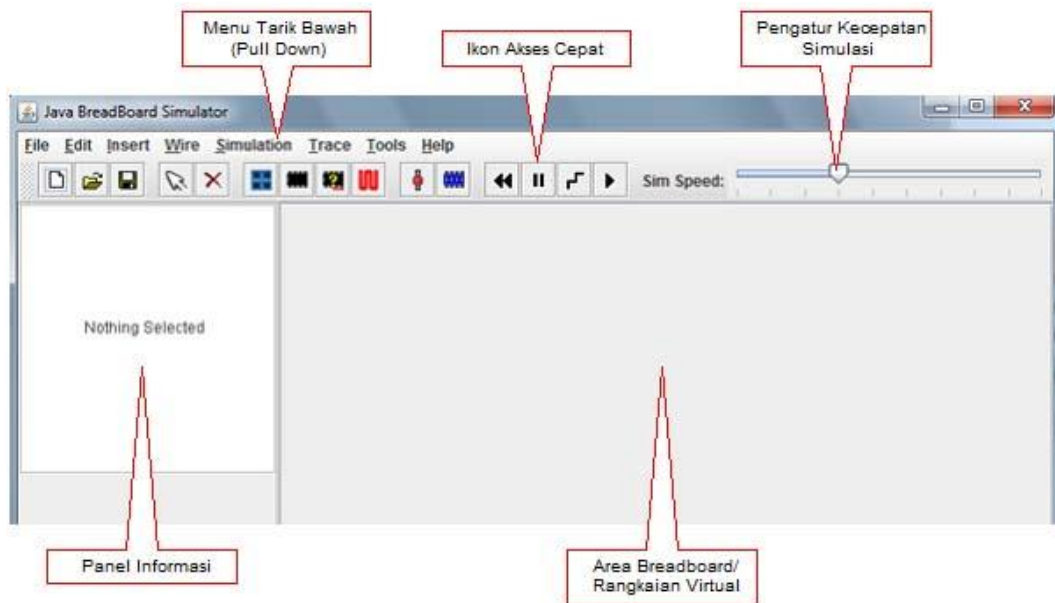
Gambar 12. Jendela Antarmuka Sumulator *Breadboard*

4. Untuk selanjutnya, simulator *breadboard* dijalankan dengan cara masuk terlebih dahulu ke folder C:\JavaBreadBoard1_11 diteruskan dengan klik pada  Go.

BAGIAN III

KELENGKAPAN SIMULATOR *BREADBOARD*

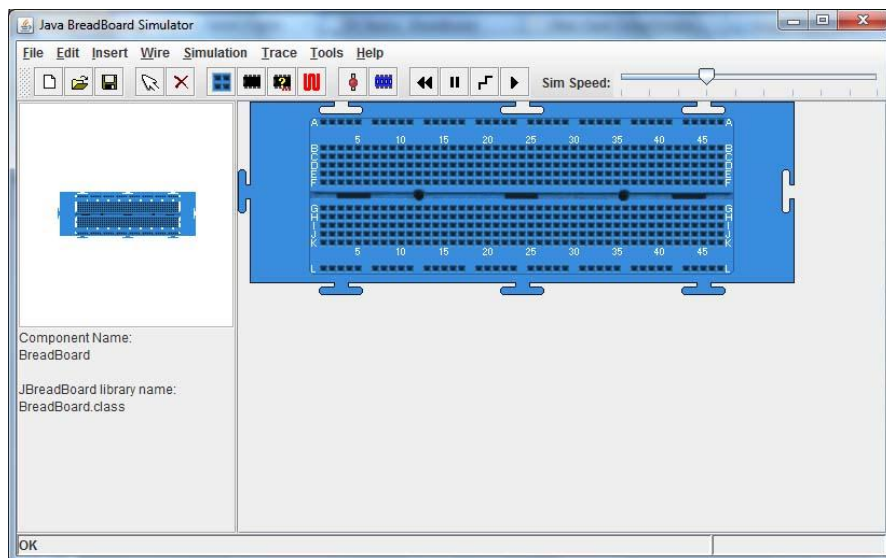
Jika simulator *breadboard* dijalankan dengan prosedur seperti pada Bagian II di atas, maka akan tampil antarmuka seperti berikut ini.



Gambar 13. Tampilan Antarmuka Simulator *Breadboard*

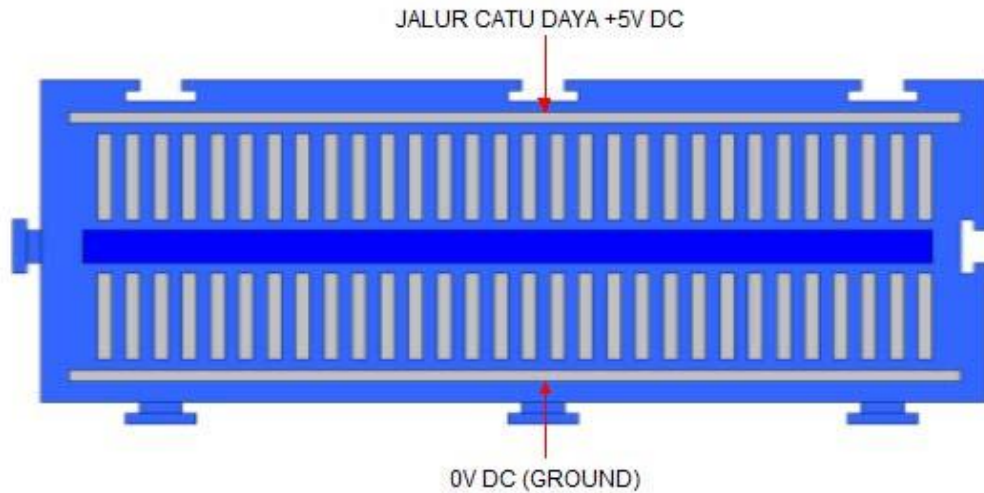
A. *Breadboard*

Untuk menampilkan *breadboard* klik pada ikon  pada deretan ikon akses cepat, atau klik **Insert>Breadboard**, maka akan ditayangkan:




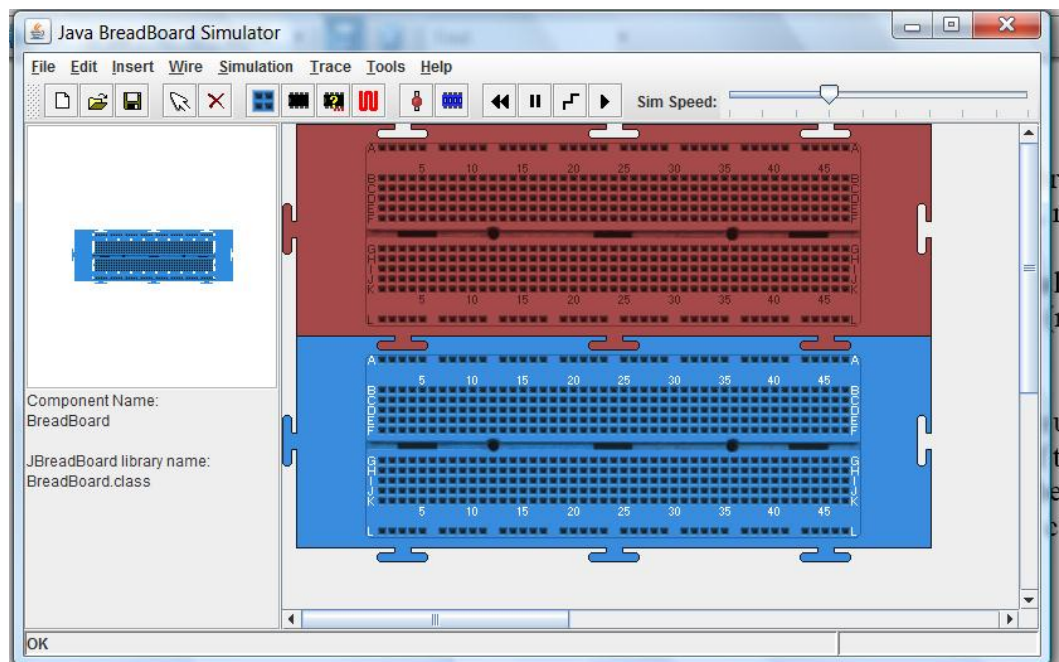
Gambar 14. *Breadboard* Virtual

Struktur konektor-konektor internal pada model *breadboard* virtual pada simulator ini ditunjukkan pada gambar berikut.




Gambar 15. Struktur Internal *Breadboard* Virtual


Dari struktur tersebut terlihat bahwa pada sisi atas terdapat jalur catu daya +5V dan pada sisi bawah terdapat jalur catu daya 0V (ground). Untuk menambah *breadboard* klik kembali **Insert>Breadboard** atau klik  sehingga muncul:

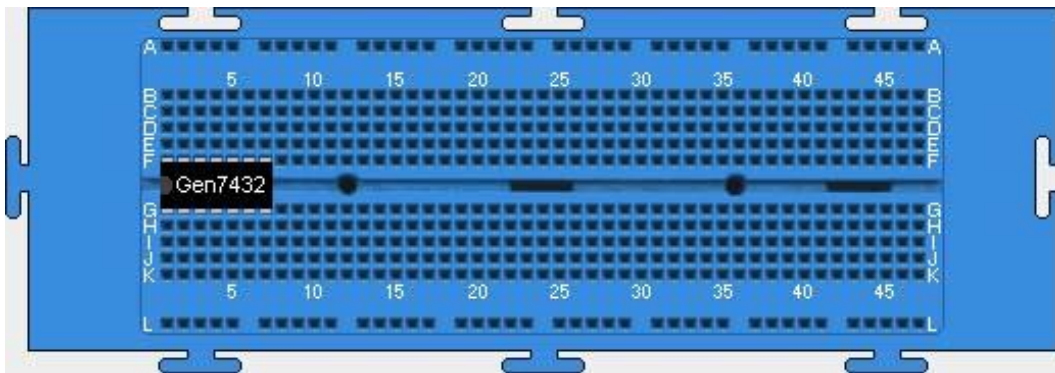


Gambar 15. *Breadboard* Ganda

Untuk membersihkan layar dari *breadboard* klik ikon  atau **Edit>Delete**.

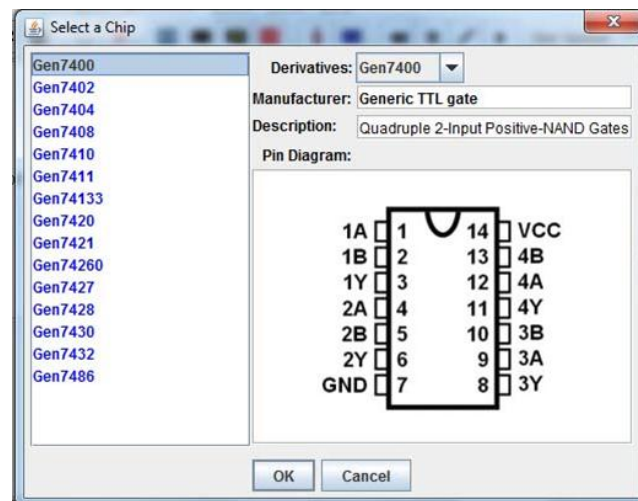
B. Piranti IC (*Chip*)

Simulator ini menyediakan berbagai piranti IC yang dapat digunakan sebagai bahan untuk eksperimen teknik digital. Untuk mengambil piranti IC, misalnya *chip* 7432 (gerbang OR), *load* terlebih dahulu *breadboard* dengan klik **Insert>Breadboard** atau klik , selanjutnya diteruskan dengan melakukan klik **Insert>Chip>TTL>Logic>Gen7432>OK**. Jika prosedur itu dilakukan dengan benar, maka akan muncul gambar sebagai berikut.



Gambar 16. Penyiapan Piranti IC Pada *Breadboard*

IC gerbang logika dasar yang disediakan oleh simulator ini diakses melalui antarmuka seperti gambar berikut ini.



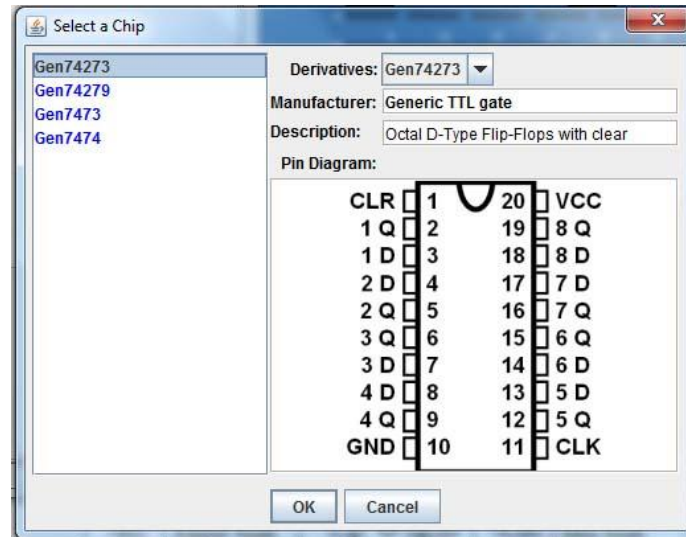
Gambar 17. Antarmuka Untuk Mengakses IC Gerbang Logika Dasar

Secara lebih lengkap, IC gerbang logika dasar yang disediakan oleh simulator *breadboard* disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Nomor Seri IC Gerbang Logika Dasar Pada Simulator *Breadboard*

Nomor IC	Deskripsi	Pinout	Nomor IC	Deskripsi	Pinout
7400	Empat buah gerbang NAND dengan 2-input		7421	Dua buah gerbang AND dengan 4-input	
7402	Empat buah gerbang NOR dengan 2-input		74260	Dua buah gerbang NOR dengan 5-input	
7404	Enam buah gerbang NOT		7427	Tiga buah gerbang NOR dengan 3-input	
7408	Empat buah gerbang AND dengan 2-input		7428	Empat buah gerbang NOR dengan 2-input	
7410	Tiga buah gerbang NAND dengan 3-input		7430	Sebuah buah gerbang NAND dengan 8-input	
7411	Tiga buah gerbang AND dengan 3-input		7432	Empat buah gerbang OR dengan 2-input	
74133	Gerbang NAND dengan 13-input		7486	Empat buah gerbang XOR dengan 2-input	
7420	Dua buah gerbang NAND dengan 4-input				

Simulator ini juga menyediakan IC *flip-flop* seperti 74273. Untuk mengambilnya, pastikan *breadboard* telah diambil, diteruskan dengan melakukan klik pada **Insert>Chip>TTL>flipFlop>Gen74273>OK**.



Gambar 18. Antarmuka Untuk Mengakses IC *flip-flop*

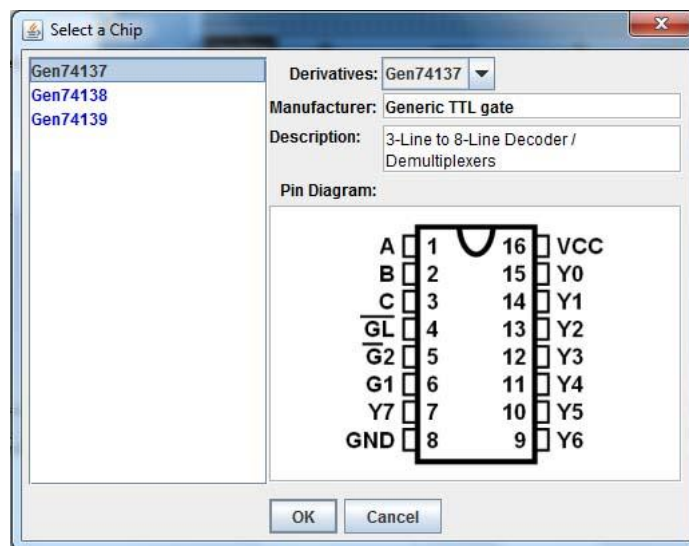
Secara lengkap IC *flip-flop* yang disediakan simulator *breadboard* disajikan tabel berikut ini.

Tabel 2. Nomor Seri IC *Flip-flop* Pada Simulator *Breadboard*

Nomor IC	Deskripsi	Pinout	Nomor IC	Deskripsi	Pinout
74273	Delapan buah flip-flop D dengan <i>clear</i>		7473	Dua buah <i>flip-flop</i> JK dengan <i>clear</i>	
74279	Empat buah flip-flop SR-latch		7474	Dua buah <i>flip-flop</i> D dengan <i>preset</i> dan <i>clear</i>	

Notasi pada tabel di atas adalah D input *flip-flop* D, J dan K input *flip-flop* JK, S dan R input *flip-flop* SR, CLR input *clear*, PRE input *preset*, CLK input *clock*, dan Q merupakan output *flip-flop* semua jenis.

IC lain yang disediakan simulator ini adalah IC dekoder seperti 74137. Untuk mengambil IC ini, pastikan *breadboard* telah diambil, dilanjutkan dengan klik **Insert>Chip>TTL>decoder>Gen74137>OK**.



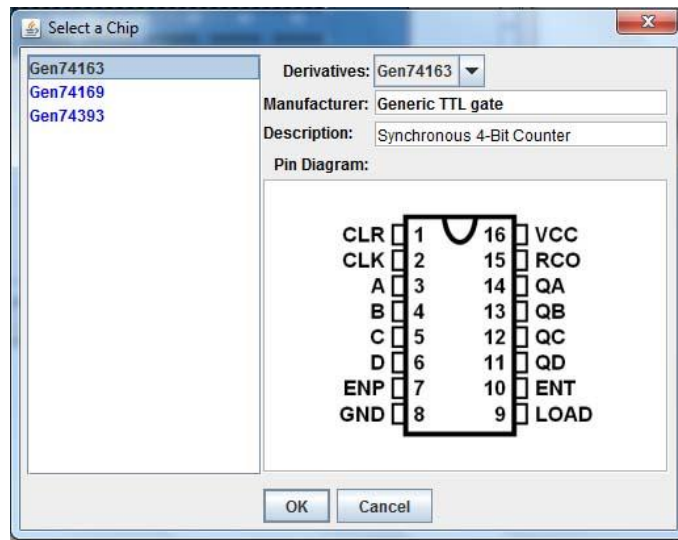
Gambar 19. Antarmuka Untuk Mengakses IC Dekoder

Secara lebih lengkap, IC TTL dekoder yang disediakan simulator *breadboard* disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Nomor Seri IC Dekoder Pada Simulator *Breadboard*

Nomor IC	Deskripsi	Pinout	Nomor IC	Deskripsi	Pinout
74137	Dekoder/De-multiplekser 3-ke-8		74139	Dekoder/ De-multiplekser 3-ke-8	
74138	Dekoder/De-multiplekser 3-ke-8				

Selain IC gerbang logika dasar, *flip-flop* dan dekoder, simulator *breadboard* juga menyediakan IC pencacah (*counter*) dan register. Untuk mengambil IC pencacah misalnya 74163, pastikan *breadboard* telah diambil, klik **Insert>Chip>TTL>counter>Gen74163>OK**.



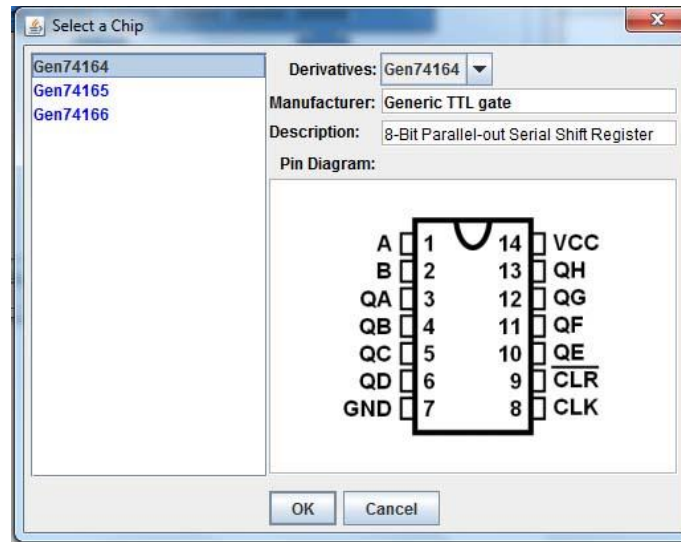
Gambar 20. Antarmuka Untuk Mengakses IC *Counter*

IC *counter* yang disediakan oleh simulator *breadboard* secara lengkap disajikan melalui tabel berikut ini.

Tabel 4. Nomor Seri IC *Counter* Pada Simulator *Breadboard*

Nomor IC	Deskripsi	Pinout	Nomor IC	Deskripsi	Pinout
74163	Pencacah 4-bit sinkron		74393	Dua buah pencacah biner 4-bit	
74169	Pencacah 4-bit sinkron				

Sedangkan untuk mengambil IC register misalnya 74164, pastikan *breadboard* telah diambil, klik **Insert>Chip>TTL>counter>Gen74163>OK**.




Gambar 21. Antarmuka Untuk Mengakses IC Register




Daftar IC register yang disediakan oleh simulator *breadboard* secara lengkap disajikan pada tabel berikut ini.


Tabel 5. Nomor Seri IC Register Pada Simulator *Breadboard*

Nomor IC	Deskripsi	Pinout	Nomor IC	Deskripsi	Pinout
74164	8-Bit Parallel-out Serial Shift Register		74166	Parallel-load 8-Bit Shift Register	
74165	Parallel-load 8-Bit Shift Register				

C. Kabel Penghubung

Simulator *breadboard* menyediakan kabel penghubung dalam berbagai warna. Untuk mengambil kabel dan memasangnya pada *breadboard*, mode pengkabelan (*wiring mode*) harus diaktifkan dengan klik pada ikon , atau **klik Wire>Add Wires**, dan untuk menonaktifkannya tekan tombol *keyboard backspace*. Secara umum, cara memasang kabel pada *breadboard* virtual ini adalah sebagai berikut:

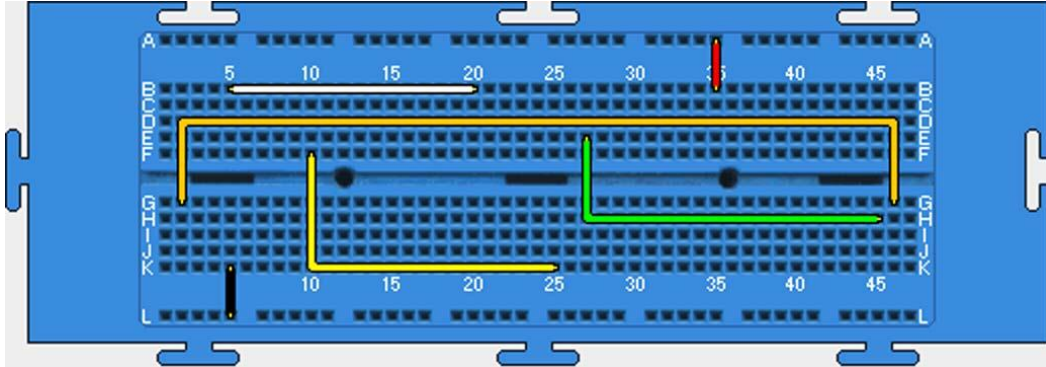
1. Bersihkan layar dengan **klik** , dan ambil *breadboard* dengan klik **Insert>Breadboard** atau klik 
2. Pastikan terlebih dahulu *wiring mode* dalam keadaan aktif dengan klik .
3. Pilih warna kabel misalnya putih dengan klik **Wire>White**
4. Klik pada titik awal kabel misalnya **B5**
5. Untuk membatalkan titik awal, tekan **Esc** pada *keyboard*
6. Arahkan kabel ke titik akhir misalnya **B20**
7. **Double klik** pada titik akhir **B20** untuk mengakhiri pemasangan kabel
8. Untuk menonaktifkan *wiring mode* tekan **backspace** pada *keyboard*.

Jika kabel mengalami jalur yang membelok, **klik satu kali** untuk membelokkannya. Kabel yang telah terpasang juga dapat dihapus dengan **klik pada kabel** diteruskan menekan tombol **delete** pada *keyboard*, atau **klik pada kabel>edit>delete** atau **klik pada kabel** . Pada tabel berikut ini ditunjukkan cara menghubungkan titik tertentu ke titik lain pada *breadboard* dengan kabel berbagai warna.

Tabel 6. Cara Memasang Kabel Pada Simulator *Breadboard*

Hubungan Antar Titik	Warna Kabel	Cara
B5-B20	Putih	Klik Wire>White>B5>double klik B20
F10-K25	Kuning	Klik Wire>Yellow>F10>K10>double klik K25
B35-Vcc(+5V)	Merah	Klik Wire>Red>B35>double klik A35
K5-Ground (0V)	Hitam	Klik Wire>Black>K5>double klik L5
E27-H45	Hijau	Klik Wire>Green>E27>H27>double klik H45
G2-G46	Orange	Klik Wire>Orange>G2>D2>D46>double klik G46

Jika prosedur pemasangan kabel tersebut dilakukan dengan benar maka akan diperoleh susunan kabel pada *breadboard* seperti gambar berikut ini.




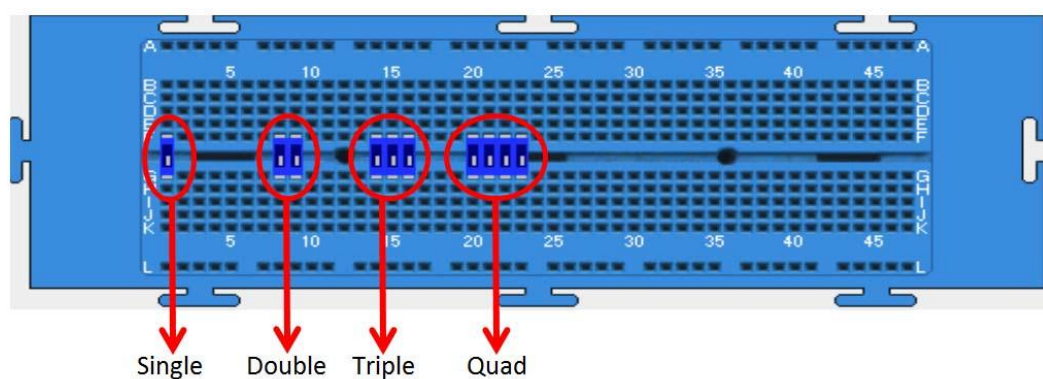
Gambar 22. Contoh Pemasangan Kabel Pada Simulator *Breadboard*

D. Komponen Input

Simulator *breadboard* menyediakan berbagai jenis komponen input seperti saklar, *keypad* dan osilator.

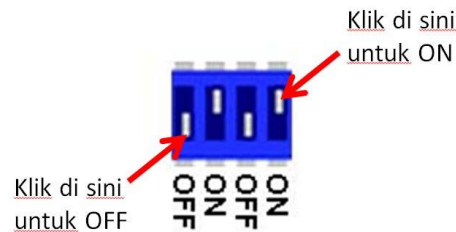
1. Input Saklar

Komponen input saklar yang disediakan oleh simulator ini menggunakan desain *DIP switch* terdiri atas empat jenis yakni saklar tunggal (*single*), saklar ganda (*double*), saklar *triple* dan saklar *quad*. Untuk mengambil saklar, ambil terlebih dahulu *breadboard* dengan dengan klik **Insert>Breadboard** atau klik  klik **Insert>Dip Switches>single** untuk saklar tunggal, atau klik **Insert>Dip Switches>double** untuk saklar ganda, atau klik **Insert>Dip Switches>treble** untuk saklar triple, atau klik **Insert>Dip Switches>quad** untuk saklar quad.



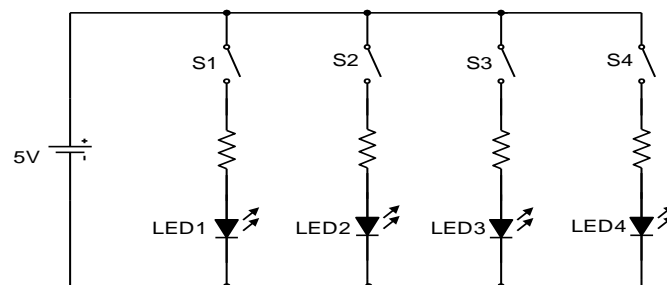
Gambar 22. Saklar Pada Simulator *Breadboard*

Cara mengubah posisi saklar adalah dengan klik pada saklar dilanjutkan dengan klik pada posisi yang diinginkan. Jika dilakukan klik pada saklar, maka saklar berubah warnanya menjadi kuning dan pada keadaan ini saklar siap diubah dengan cara seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



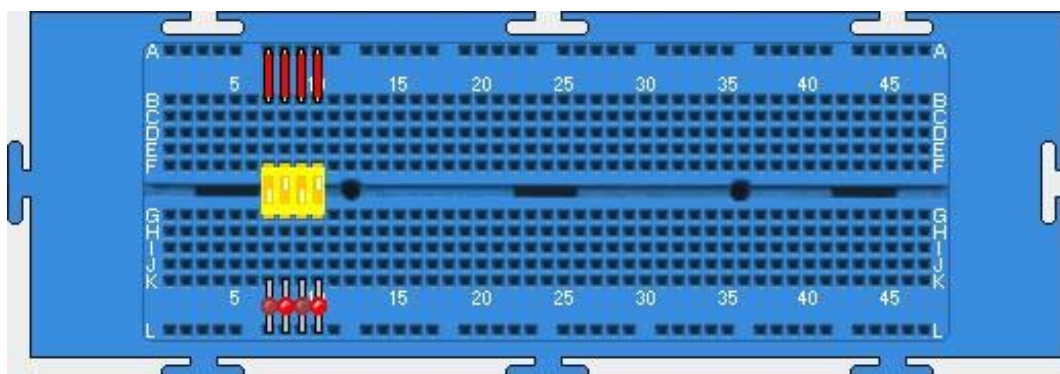
Gambar 23. Cara Mengubah Posisi Saklar Pada Simulator *Breadboard*

Untuk mempelajari cara mengubah posisi saklar, coba susun rangkaian berikut ini menggunakan *breadboard*!



Gambar 24. Rangkaian Untuk Mencoba Saklar

Jika rangkaian di atas disusun dengan benar, maka akan menghasilkan susunan seperti pada gambar berikut ini.

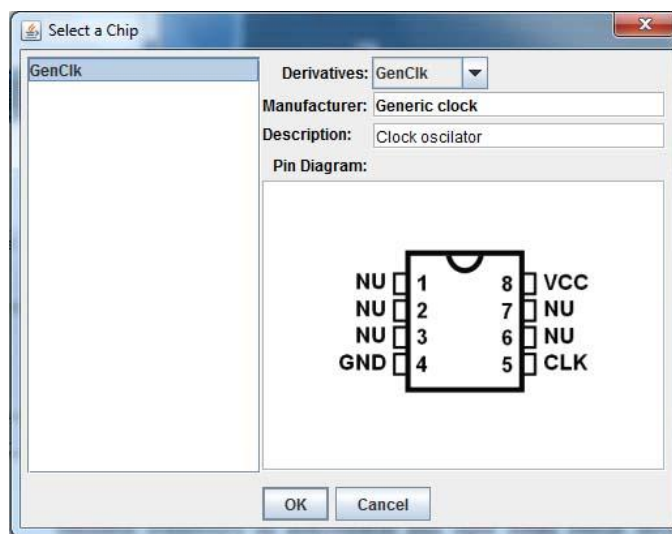


Gambar 25. Rangkaian Untuk Mencoba Saklar

Coba ubah-ubahlah posisi keempat saklar tersebut, apakah sudah memberikan pengaruh terhadap nyala LED?

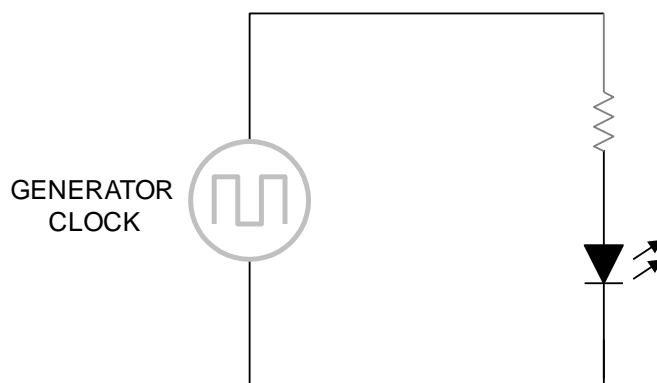
2. Input Clock

Simulator *breadboard* ini menyediakan pula input dalam bentuk sinyal *clock* yang frekuensinya dapat diatur. Sinyal *clock* dibangkitkan oleh sebuah osilator yang disediakan oleh sebuah IC *clock*. Untuk mengambil IC *clock*, pastikan *breadboard* telah ditampilkan pada jendela simulator lakukan klik **Insert>Chip>Oscillator>GenClk>OK**. Antar muka untuk mengakses *clock* ditunjukkan pada gambar berikut ini.



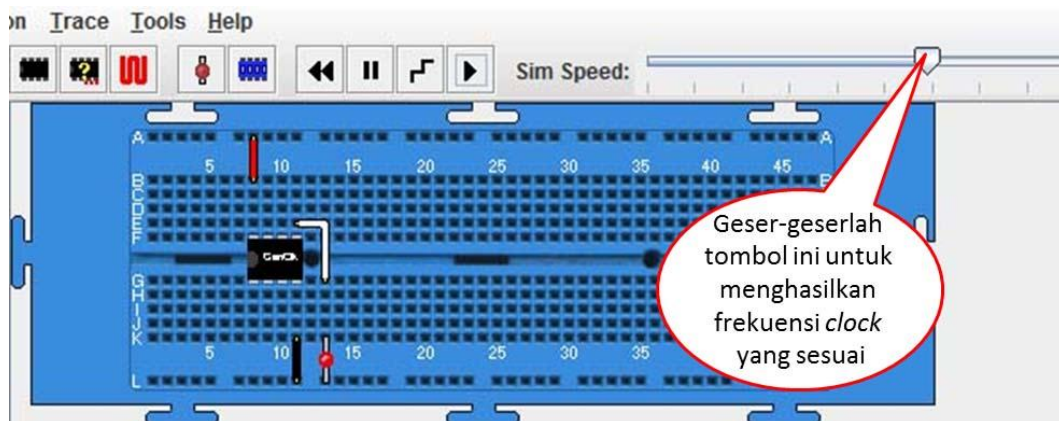
Gambar 26. Antarmuka Untuk Akses IC Clock

Untuk melihat watak IC *clock* coba susun rangkaian seperti berikut ini!



Gambar 27. Rangkaian LED Dengan Input Sinyal Clock

Jika rangkaian tersebut disusun dengan benar menggunakan *breadboard* virtual, maka susunannya akan tampak seperti gambar berikut ini.

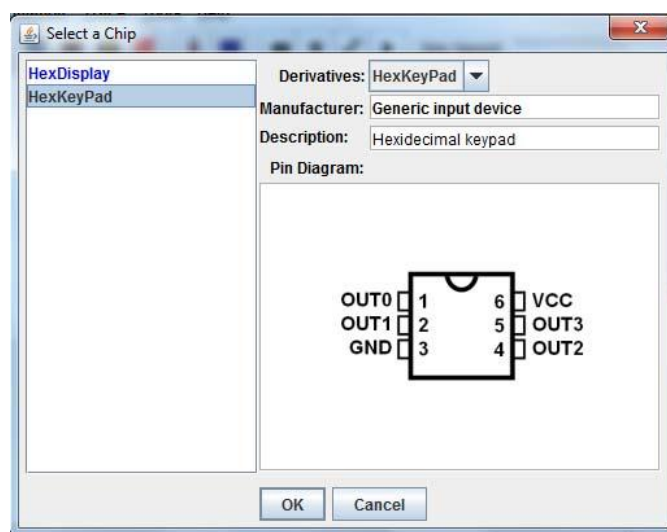


Gambar 28. Rangkaian Pembangkit *Clock*

Jika simulasi dijalankan dan pengatur kecepatan digeser-geser maka akan diperoleh nyala LED yang berkedip menandakan adanya sinyal *clock*.

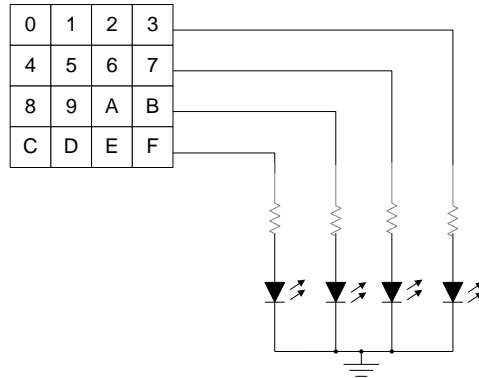
3. Input *Keypad* Heksadesimal

Selain saklar dan generator *clock*, simulator *breadboard* juga menyediakan komponen input dalam bentuk *keypad* heksadesimal. Komponen ini pada dasarnya merupakan sebuah enkoder yang mengubah kondisi saklar input heksadesimal menjadi kode biner. Komponen ini diakses dengan melakukan klik **Insert>Chip>Components>HexKeyPad>OK**. Antarmuka untuk akses *keypad* heksadesimal ditunjukkan pada gambar berikut ini.



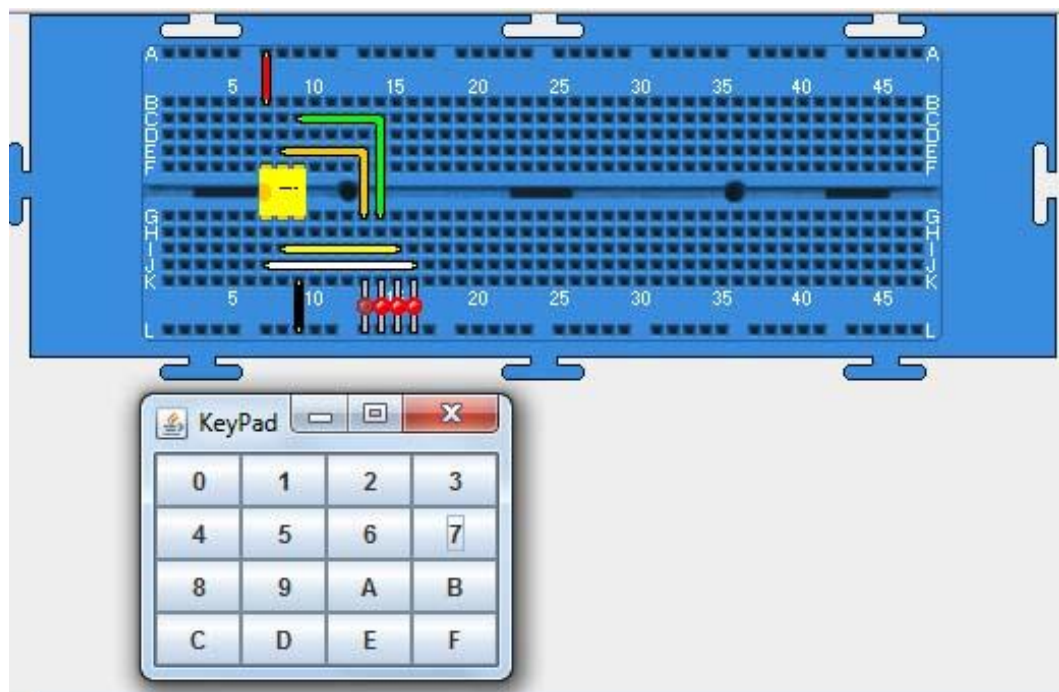
Gambar 29. Antarmuka Untuk Akses *Keypad* Heksadesimal

Untuk mencoba fungsi *keypad* heksadesimal coba susun rangkaian berikut ini di atas papan *breadboard* virtual.



Gambar 30. Rangkaian Untuk Mencoba *Keypad* Heksadesimal

Rangkaian tersebut dapat disusun menggunakan *breadboard* seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 31. Susunan Rangkaian Untuk Mencoba *Keypad* Heksadesimal

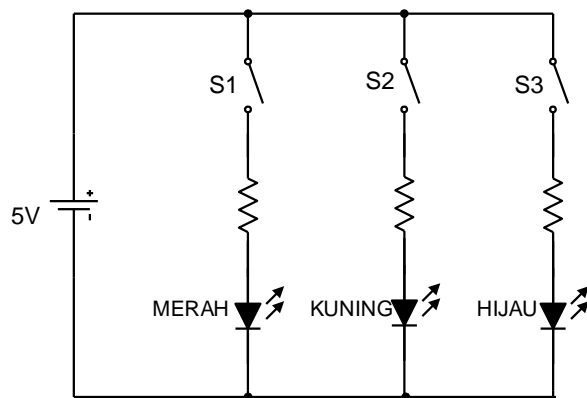
Untuk memunculkan *keypad* tekan klik *double* pada IC *clock*. Cobalah tekan/klik beberapa angka pada *keypad* dan amati nyala LED setiap penekanan tombol. Apakah nyala LED sudah menunjukkan kode biner yang sesuai dengan angka yang ditekan?

E. Komponen Output

Komponen output yang disediakan simulator *breadboard* terdiri atas indikator LED dan peraga heksadesimal.

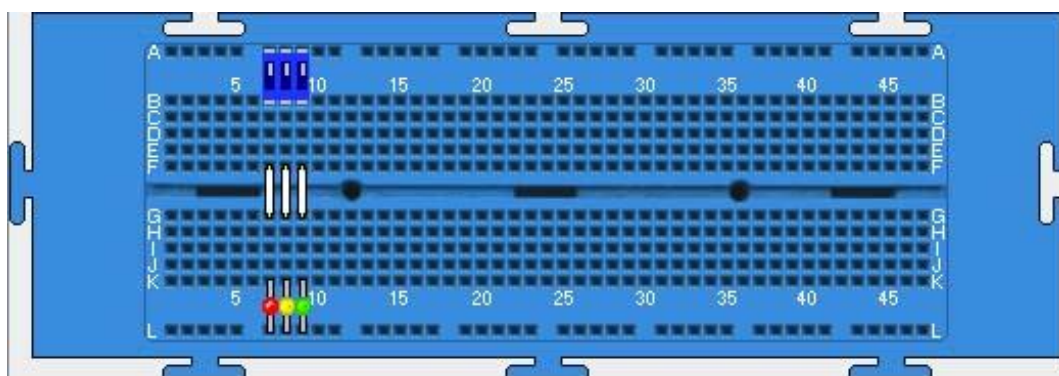
1. Indikator LED

Indikator LED merupakan komponen yang digunakan untuk menunjukkan keadaan logika suatu output gerbang atau rangkaian logika dan tersedia dalam tiga warna yakni merah, kuning dan hijau. LED diambil dengan cara klik **Insert>LED>Red** untuk warna merah, **Insert>LED>Yellow** untuk warna kuning, dan **Insert>LED>Green** untuk warna hijau. Coba susun rangkaian untuk menyalakan tiga buah LED berikut ini yang dilengkapi dengan tiga buah saklar.



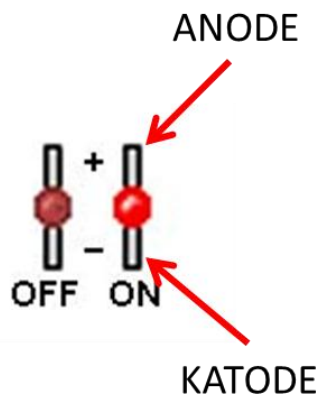
Gambar 32. Rangkaian Untuk Menyalakan LED

Rangkaian pada gambar di atas dapat disusun menggunakan *breadboard* seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 33. Susunan Rangkaian Untuk Menyalakan LED

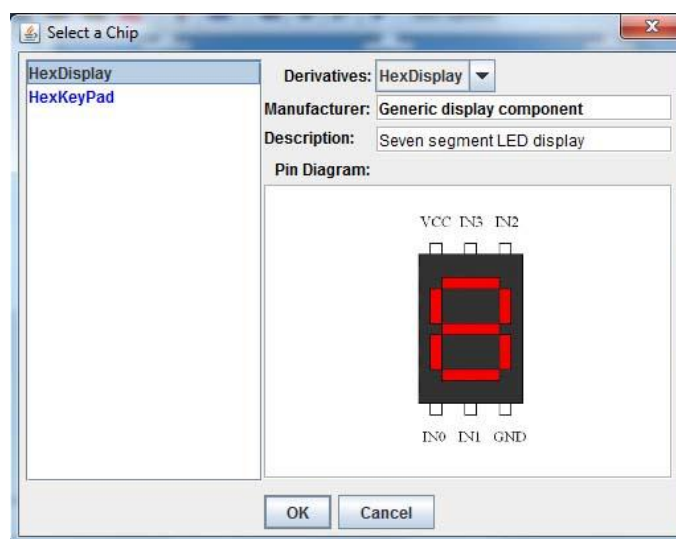
Untuk melihat kerja indikator LED, setelah simulasi dijalankan, coba atur ketiga saklar agar pada posisi ON. Jika saklar pada posisi ON maka ketiga LED akan menyala dengan warna merah, kuning dan hijau. Agar LED dapat menyala maka harus diberi prsakap maju dengan menghubungkan anode ke sumber tegangan (+) dan katode ke sumber tegangan (-). Susunan kaki anode dan katode LED pada simulator ini diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 34. Susunan Kaki Anode dan Katode LED

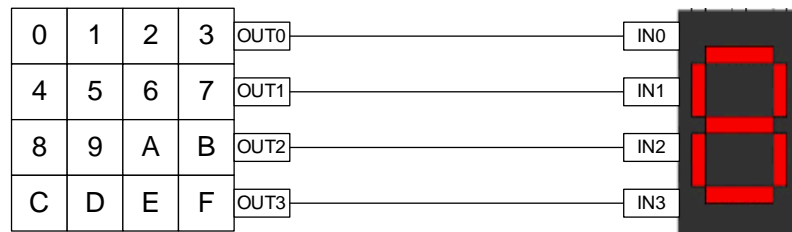
2. Peraga Heksadesimal

Peraga heksadesimal diambil dengan klik **Insert>Chip>Components>HexDisplay>OK**. Antarmuka untuk mengakses peraga heksadesimal diperlihatkan pada gambar berikut ini.



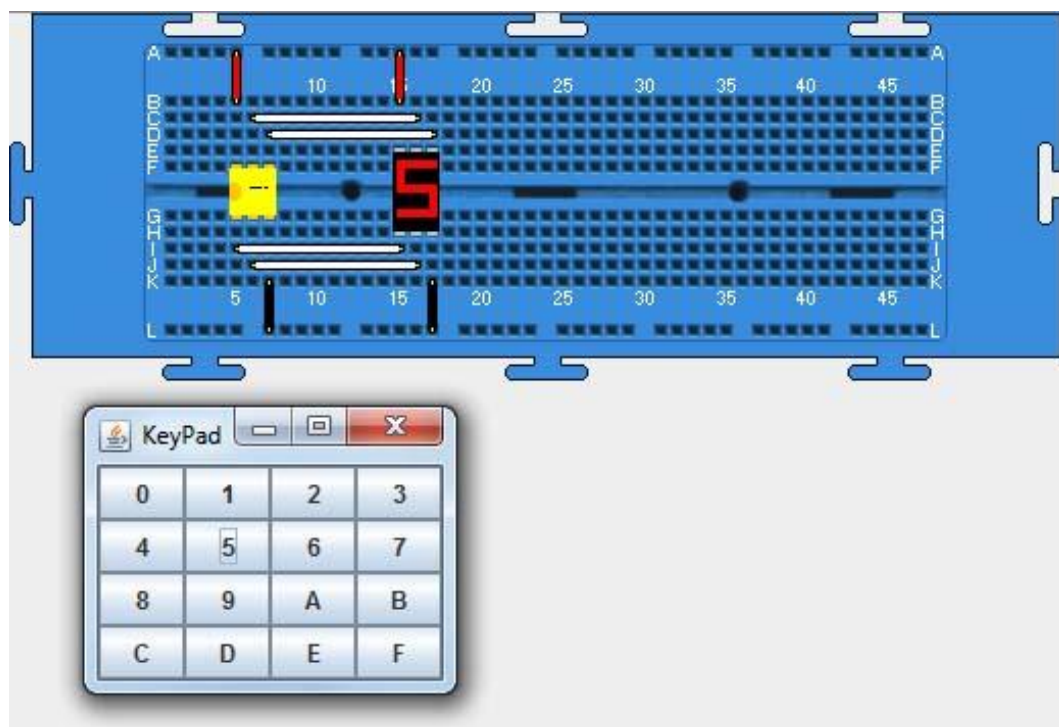
Gambar 35. Antarmuka Untuk Mengakses Peraga Heksadesimal

Untuk melihat cara kerja peraga heksadesimal, coba hubungkan peraga heksadesimal dengan *keypad* heksadesimal seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 36. Rangkaian Untuk Mencoba Peraga Heksadesimal

Jika digunakan *breadboard* virtual, rangkaian di atas dapat disusun seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 37. Susunan Rangkaian Untuk Mencoba Peraga Heksadesimal

Untuk memperlihatkan cara kerja peraga heksadesimal, coba klik *double* pada *keypad* agar *keypad* muncul di layar. Coba tekan/klik beberapa angka pada *keypad*, apakah peraga heksadesimal telah menunjukkan angka yang sesuai?

BAGIAN IV

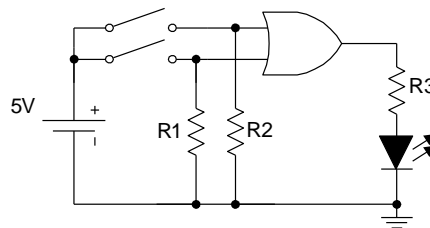
PENYUSUNAN DAN SIMULASI RANGKAIAN LOGIKA

Simulator ini, selain menyediakan *breadboard* virtual yang dapat digunakan untuk menyusun rangkaian logika dengan berbagai kelengkapannya, juga menyediakan fasilitas untuk simulasi terhadap rangkaian yang telah disusun.

A. Membuat Rangkaian Baru

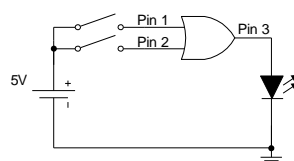
Agar cara penyusunan rangkaian dapat dipelajari dengan mudah, perlu disediakan terlebih dahulu suatu rangkaian logika sebagai contoh.

Contoh 1: Perhatikan rangkaian untuk menyelidiki watak gerbang OR berikut ini!



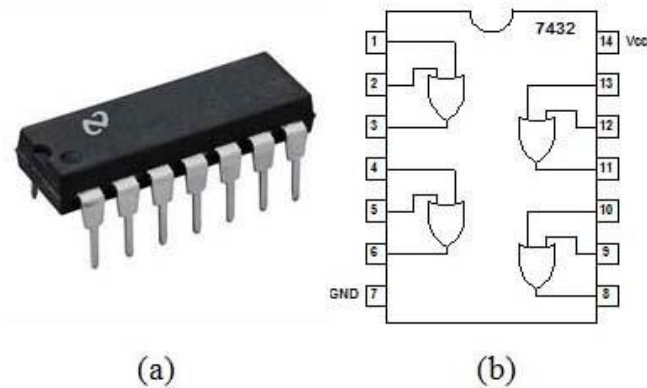
Gambar 38. Rangkaian Asli Untuk Menentukan Watak Gerbang OR

Sebelum menyusun rangkaian, perlu diketahui terlebih dahulu aturan-aturan pada simulator *breadboard* dan spesifikasi komponen-komponen yang digunakan. Simulator *breadboard* memiliki aturan bahwa setiap input gerbang yang mengambang (saklar dalam keadaan OFF atau *floating input*), memiliki level logika rendah (0). Hal ini berbeda dengan keadaan sesungguhnya bahwa *floating input* dari IC TTL bernilai tinggi. Dengan demikian resistor *pull down*, yakni resistor yang menyebabkan suatu titik bernilai logika rendah yakni R1 dan R2, tidak diperlukan lagi. Selain itu, untuk menyalakan LED, simulator ini tidak memerlukan resistor pembatas arus R3, sehingga rangkaiannya menjadi seperti gambar berikut ini.



Gambar 39. Rangkaian Menurut Aturan Simulator *Breadboard*

Rangkaian di atas mengandung sebuah gerbang OR. Telah diketahui bahwa gerbang OR disediakan oleh IC TTL dengan nomor seri 7432 dengan susunan pin seperti pada gambar berikut ini.




Gambar 40. IC 7432: (a) bentuk nyata, (b) susunan *pinout*

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa di dalam IC 7432 terdapat empat buah gerbang OR. Untuk menyusun rangkaian pada gambar 39, diperlukan hanya sebuah gerbang OR sehingga dapat ditentukan misalnya gerbang dengan input pin 1 dan 2 serta output pin 3. Dengan demikian dapat ditulis daftar komponen yang diperlukan untuk menyusun rangkaian, seperti disajikan pada tabel berikut ini.

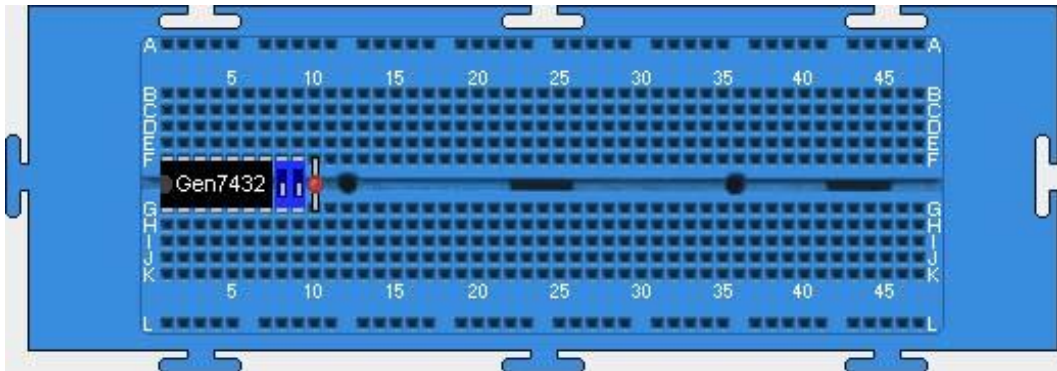
Tabel 7. Daftar Komponen Untuk Rangkaian Pada Gambar 39

Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
Gerbang OR	IC TTL 7432	1 buah
Saklar	DIP <i>Switch</i> ganda (<i>double</i>)	1 buah
LED	Warna merah	1 buah

Langkah-langkah untuk menyusun rangkaian tersebut dengan *breadboard* virtual dalam simulator ini dapat diikuti sebagai berikut:

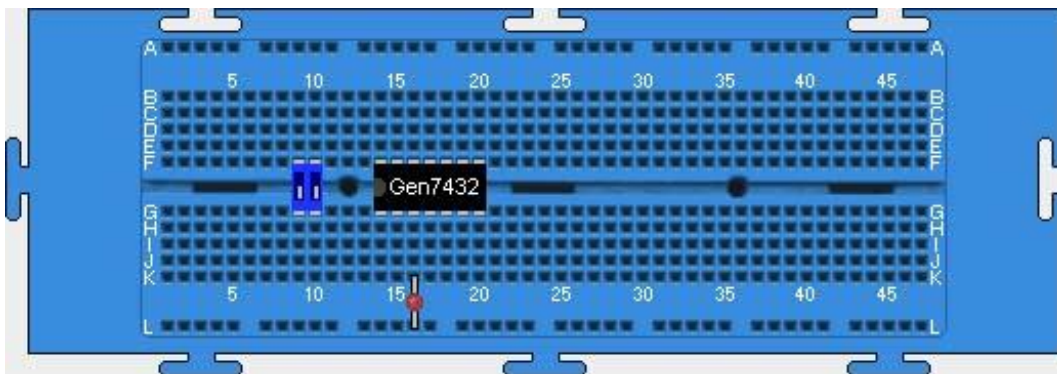
1. Jalankan simulator, diteruskan *load breadboard* dengan klik **Insert>Breadboard** atau klik .

2. Siapkan semua komponen yang diperlukan untuk menyusun rangkaian dengan klik **Insert>Chip>TTL>Logic>Gen7432>OK** untuk mengambil IC 7432, klik **Insert>DIP Switches>Double** untuk mengambil saklar DIP ganda, dan klik **Insert>LED>Red** untuk mengambil LED warna merah sehingga menghasilkan tampilan seperti gambar berikut ini.





Gambar 41. Penyiapan Komponen Pada *Breadboard Virtual*

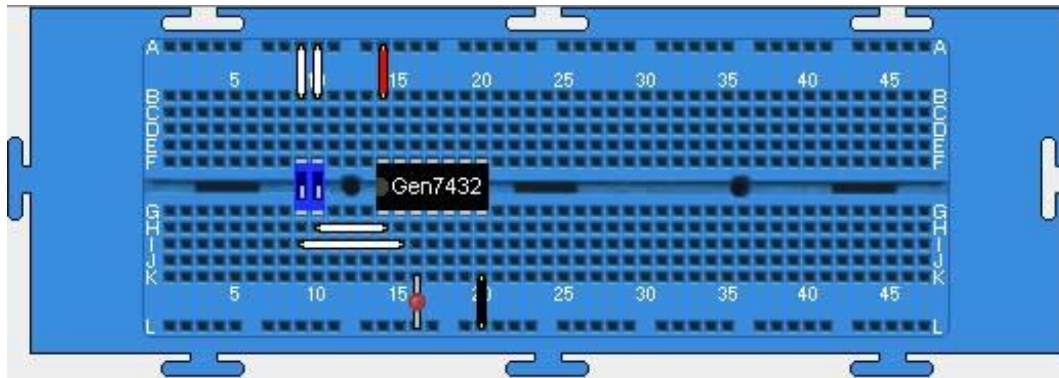
3. Atur tata letak komponen misalnya seperti pada gambar berikut ini.




Gambar 42. Tata Letak Komponen Pada *Breadboard Virtual*

4. Pasanglah catu daya pada IC dengan menghubungkan pin-14 IC ke kutub +Vcc menggunakan kabel merah dengan klik **Wires>Red>**  **>titik B14>arahkan kabel ke A14 dan klik *double*.**
5. Hubungkan pin-7 IC ke *Ground* (0 V) catu daya menggunakan kabel hitam dengan klik **Wires>Black>**  **>titik K20>arahkan kabel ke L20 dan klik *double*.**

6. Dengan cara yang sama dengan langkah di atas, pasang kabel putih untuk menghubungkan titik B9-A9, B10-A10, H10-H14, dan I9-I15 sehingga menghasilkan susunan rangkaian seperti gambar berikut ini.



Gambar 43. Susunan Rangkaian Untuk Gambar 39

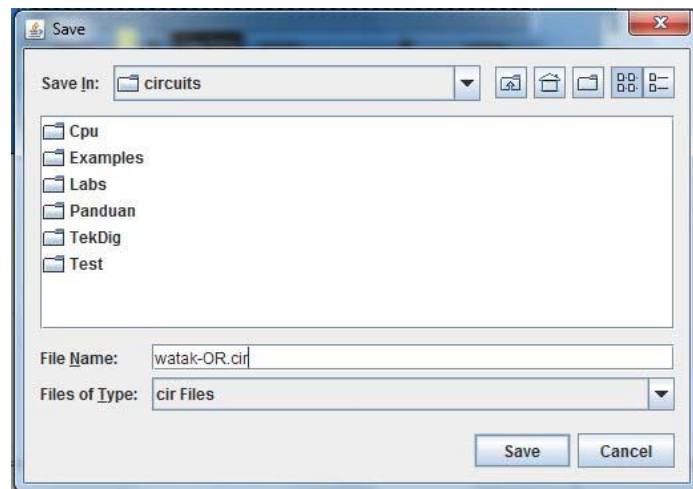
7. Untuk mencoba keberhasilan dalam penyusunan rangkaian, jalankan simulasi dengan klik **Simulation>Run** atau klik , diteruskan dengan mengubah-ubah posisi saklar. Rangkaian telah berhasil disusun dengan baik jika menghasilkan tabel kebenaran sebagai berikut.

Tabel 8. Tabel Untuk Memastikan Keberhasilan Penyusunan Rangkaian


KONDISI SAKLAR		KONDISI LED
SAKLAR 1	SAKLAR 2	
OFF	OFF	PADAM
OFF	ON	MENYALA
ON	OFF	MENYALA
ON	ON	MENYALA

8. Simpanlah rangkaian tersebut menjadi *file* ke dalam media penyimpanan seperti *harddisk* dengan klik **File>Save>** diteruskan dengan memilih lokasi penyimpanan dan penulisan nama *file* misalnya **watak-OR.cir** (jangan lupa mencantumkan ekstensi **.cir**), serta diakhiri dengan klik **Save**.

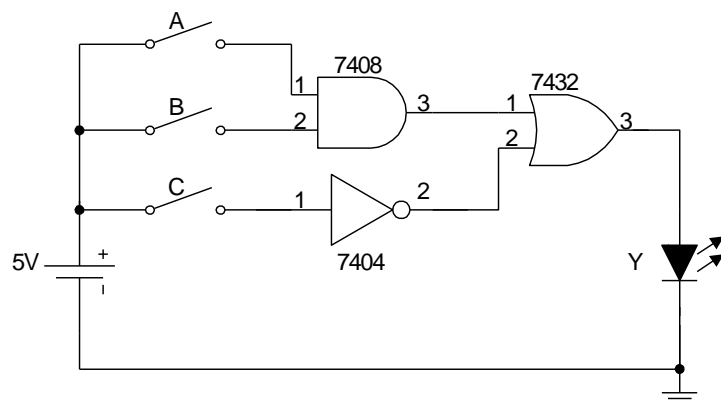
Antarmuka untuk penyimpanan *file* ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 44. Antarmuka Penyimpanan *File* Rangkaian

9. Untuk menghentikan simulasi klik pada tanda  dan untuk reset tekan **backspace** pada *keyboard*.

Contoh 2: Coba susun rangkaian menggunakan *breadboard* virtual dari rangkaian pada gambar berikut ini!



Gambar 45. Rangkaian Logika Untuk Contoh Ke-2 Penggunaan Simulator

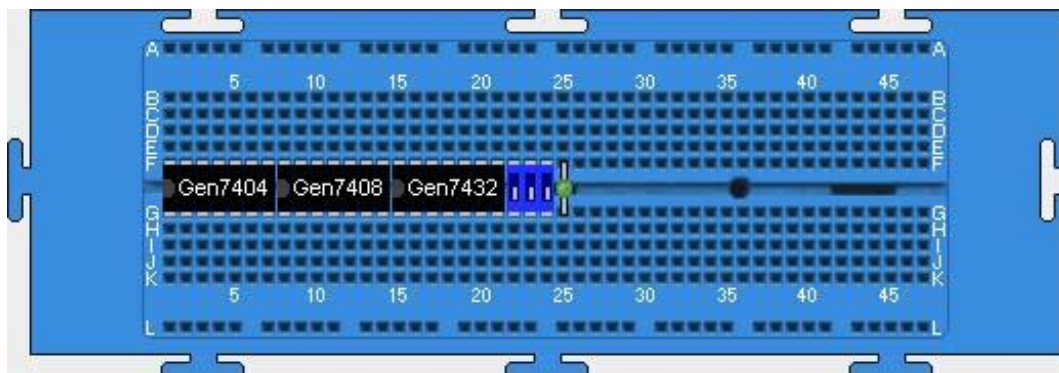
Rangkaian tersebut mengandung tiga jenis gerbang logika yakni NOT (disediakan oleh IC 7404), AND (disediakan oleh IC 7408) dan OR (disediakan oleh IC 7432). Spesifikasi dan susunan *pinout* ketiga IC tersebut dapat dilihat pada tabel 1 di atas. Dari gambar rangkaian tersebut dapat dituliskan daftar komponen yang harus disediakan seperti disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 9. Daftar Komponen Untuk Rangkaian Pada Gambar 45

Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
Gerbang OR	IC TTL 7432	1 buah
Gerbang AND	IC TTL 7408	1 buah
Gerbang NOT	IC TTL 7404	1 buah
Saklar	DIP <i>Switch triple</i>	1 buah
LED	Warna hijau	1 buah

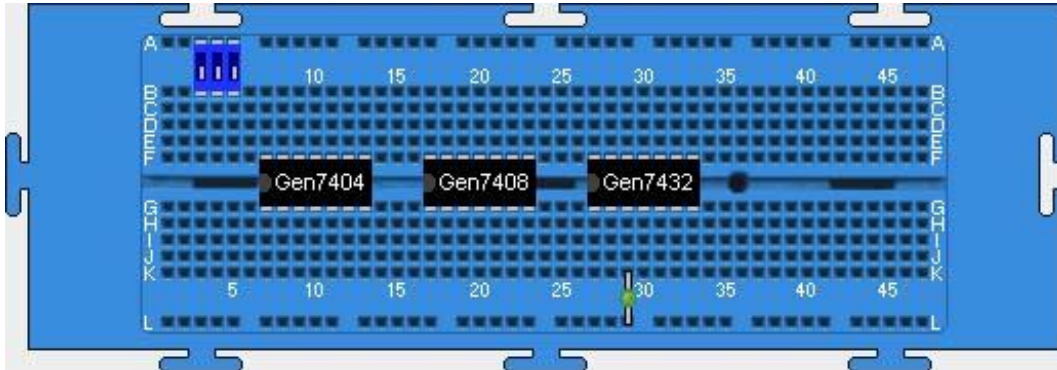
Berdasarkan rangkaian pada gambar 45 dan daftar komponen yang diperlukan pada tabel 9, penyusunan rangkaian dapat dilakukan melalui cara:

1. Jalankan simulator dan *load* papan *breadboard* dengan klik **Insert>Breadboard**.
2. Siapkan semua komponen yang diperlukan untuk menyusun rangkaian dengan klik **Insert>Chip>TTL>Logic>Gen7404>OK** untuk mengambil IC NOT 7404, klik **Insert>Chip>TTL>Logic>Gen7408>OK** untuk mengambil IC AND 7408, klik **Insert>Chip>TTL>Logic>Gen7432>OK** untuk mengambil IC OR 7432, klik **Insert>DIP Switches>Treble** untuk mengambil saklar DIP *triple*, dan klik **Insert>LED>Green** untuk mengambil LED warna hijau sehingga menghasilkan tampilan seperti gambar berikut ini.









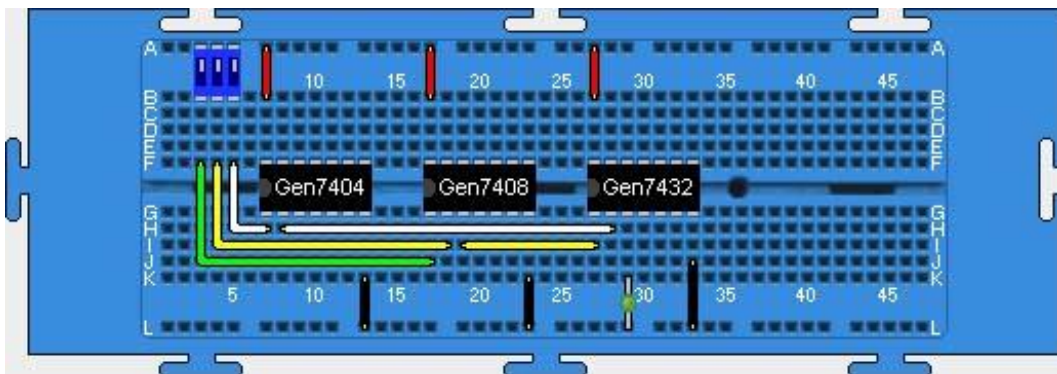
Gambar 46. Penyiapan Komponen Untuk Rangkaian Pada Gambar 45

3. Atur tata letak komponen misalnya seperti pada gambar berikut ini.




Gambar 47. Tata Letak Komponen Untuk Rangkaian Gambar 45

4. Pasang catu daya +Vcc untuk ketiga IC menggunakan kabel merah. Untuk IC 7404, klik **Wires>Red**  >titik **B7**>arahkan kabel ke **A7** dan klik *double*, untuk IC 7408 klik **Wires>Red**  >titik **B17**>arahkan kabel ke **A17** dan klik *double*, dan untuk IC 7404 klik **Wires>Red**  >titik **B27**>arahkan kabel ke **A27** dan klik *double*.
5. Pasang catu daya ground (0 V) untuk ketiga IC menggunakan kabel hitam. Untuk IC 7404, klik **Wires>Black**  >titik **K13**>arahkan kabel ke **L13** dan klik *double*, untuk IC 7408 klik **Wires>Red**  >titik **K23**>arahkan kabel ke **L23** dan klik *double*, dan untuk IC 7404 klik **Wires>Red**  >titik **K33**>arahkan kabel ke **L33** dan klik *double*.
6. Dengan cara yang sama seperti di atas, pasang kabel untuk menghubungkan titik-titik sesuai rangkaian pada gambar 45 sehingga menghasilkan gambar ini.



Gambar 48. Susunan Rangkaian Dengan *Breadboard Virtual* Untuk Gambar 45

7. Setelah rangkaian tersusun, jalankan simulasi dengan klik **Simulation>Run** atau klik , diteruskan dengan mengubah-ubah posisi saklar. Rangkaian telah berhasil disusun dengan baik jika menghasilkan tabel kebenaran sebagai berikut.

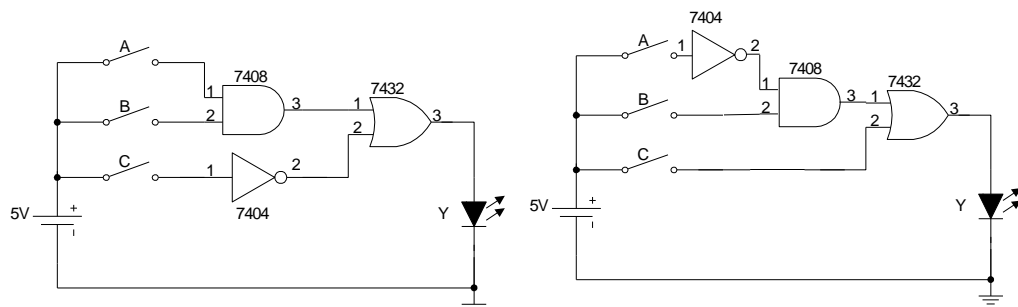
Tabel 10. Tabel Kebenaran Rangkaian Gambar 45

SAKLAR KIRI	SAKLAR TENGAH	SAKLAR KANAN	KONDISI LED
OFF	OFF	OFF	MENYALA
OFF	OFF	ON	PADAM
OFF	ON	OFF	MENYALA
OFF	ON	ON	PADAM
ON	OFF	OFF	MENYALA
ON	OFF	ON	PADAM
ON	ON	OFF	MENYALA
ON	ON	ON	MENYALA

8. Simpan rangkaian tersebut ke dalam harddisk menjadi *file* dengan klik **File>Save>** diteruskan dengan memilih lokasi penyimpanan dan penulisan nama *file* misalnya **kombinasi.cir** (jangan lupa mencantumkan ekstensi **.cir**), serta diakhiri dengan klik **Save**.



B. Memperbaiki Rangkaian

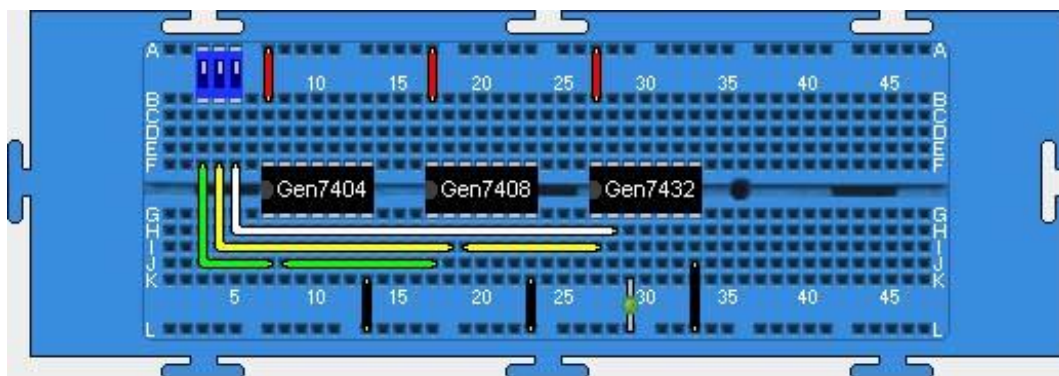
Rangkaian-rangkaian yang telah dibuat dan disimpan dalam suatu *file* dapat diambil dan diperbaiki. Rangkaian diambil dengan klik **File>Open>Nama File>Open**. **Nama File** merupakan nama-nama file dengan ekstensi **cir**. Coba buka file yang berisi rangkaian pada gambar 45 (dalam panduan ini nama file adalah **kombinasi.cir**), lakukan perubahan berdasarkan rangkaian berikut ini.




Gambar 49. Rangkaian Asli (Kanan) dan Hasil Modifikasi (Kanan)

Untuk mengubah rangkaian yang telah dibuat, lakukan prosedur sebagai berikut.

1. Jalankan simulator dan *load file kombinasi.cir*.
2. Hapus semua kabel putih dan hijau dengan **klik pada kabel putih** , **klik pada kabel hijau** .
3. Hubungkan kembali kabel-kabel putih dan hijau sesuai dengan gambar 49 sebelah kanan sehingga diperoleh gambar berikut ini.



Gambar 50. Susunan Rangkaian Pada Gambar 49 Kanan Dengan *Breadboard*

4. Jalankan simulasi dengan klik **Simulation>Run** atau klik , diteruskan dengan mengubah-ubah posisi saklar. Jika rangkaian disusun dengan benar, maka akan menghasilkan tabel kebenaran sebagai berikut.

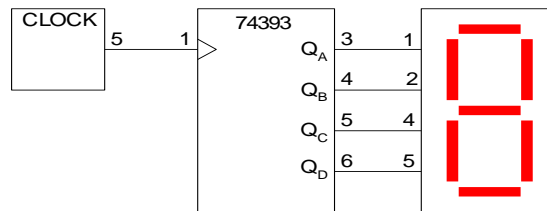
Tabel 11. Tabel Kebenaran Rangkaian Gambar 49 Kanan

SAKLAR KIRI	SAKLAR TENGAH	SAKLAR KANAN	KONDISI LED
OFF	OFF	OFF	PADAM
OFF	OFF	ON	MENYALA
OFF	ON	OFF	MENYALA
OFF	ON	ON	MENYALA
ON	OFF	OFF	PADAM
ON	OFF	ON	MENYALA
ON	ON	OFF	PADAM
ON	ON	ON	MENYALA

5. Setelah selesai simulasi, lakukan reset dengan menekan tombol **Backspace** dan simpan rangkaian ke dalam *harddisk* dengan nama **kombinasi-2.cir**.


C. Penggunaan Multi Breadboard

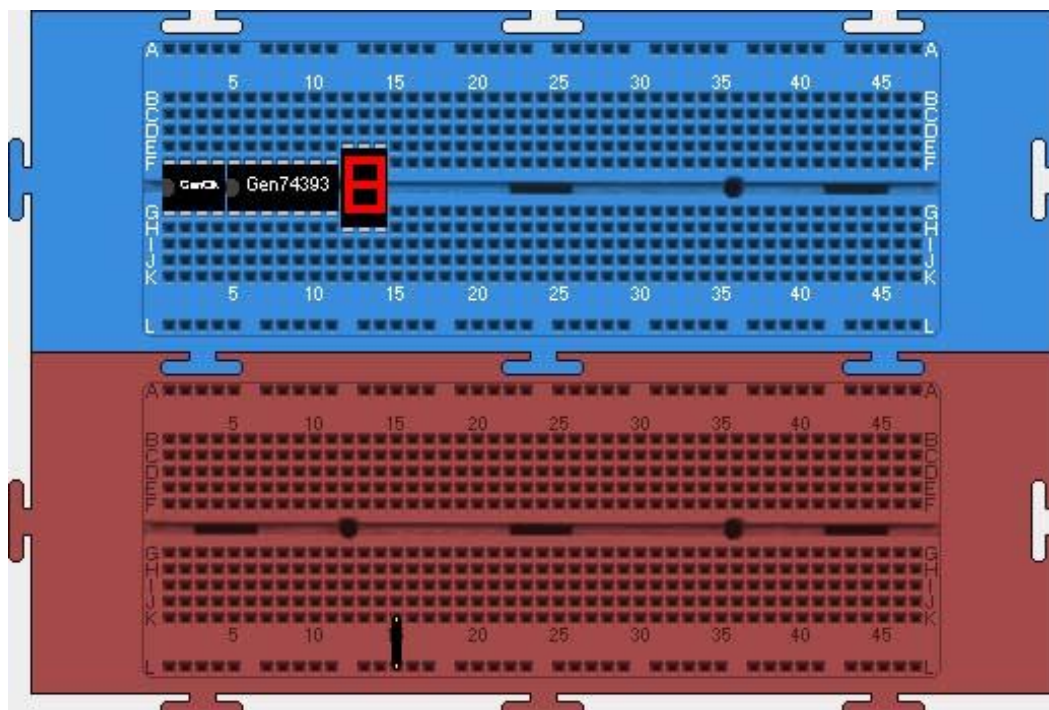
Simulator ini memungkinkan penggunaan beberapa *breadboard* untuk menempatkan komponen-komponen dari suatu rangkaian. Perhatikan rangkaian pencacah (*counter*) berikut ini!



Gambar 51. Rangkaian *Counter*

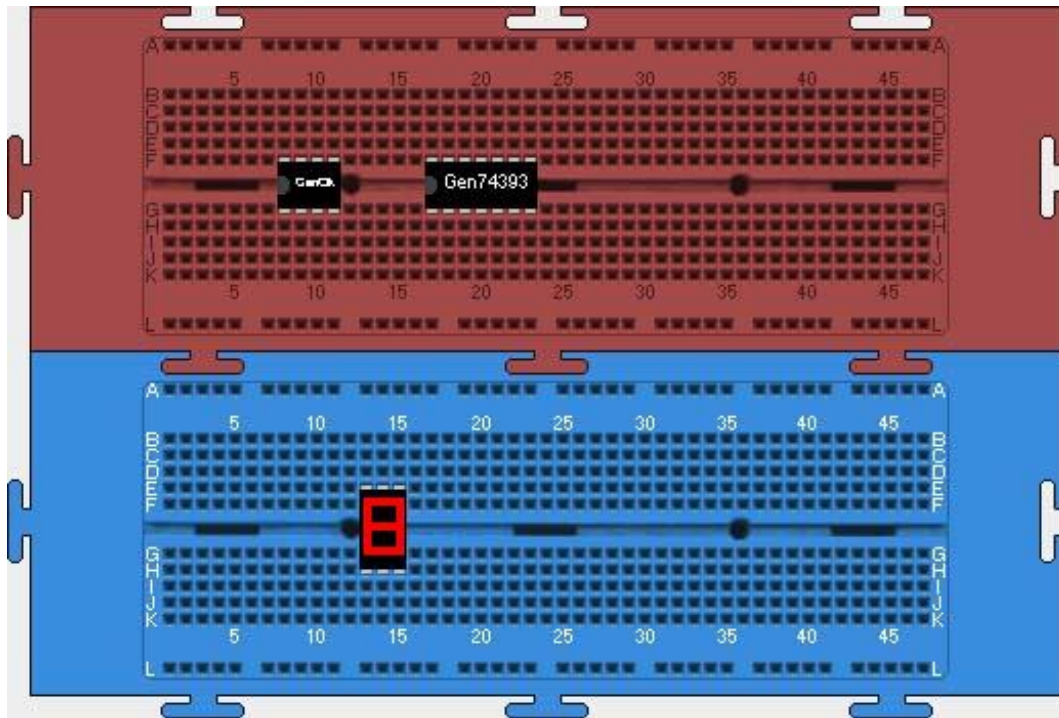
Jika rangkaian tersebut akan disusun menggunakan dua buah papan *breadboard*, maka langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Jalankan simulator dan ambil papan *breadboard* dengan klik **Insert>Breadboard** atau klik  dua kali.
2. Ambil generator *Clock* dengan klik **Insert>Chip>Oscillator>OK**, chip 74393 dengan klik **Insert>Chip>TTL>Counter>Gen74393>OK**, dan display 7-segmen dengan klik **Insert>Chip>Components>HexDisplay>OK**.




Gambar 52. Breadboard Ganda dan Bahan Rangkaian Counter

- Susun tata letak komponen seperti berikut ini.



Gambar 53. Tata Letak Komponen Pada *Breadboard* Ganda

- Lakukan pemasangan kabel sesuai dengan gambar 51 di atas. Langkah awal, pasang terlebih dahulu kabel-kabel yang menghubungkan ketiga komponen ke terminal catu daya +Vcc menggunakan kabel merah dan ke terminal 0V (*ground*) menggunakan kabel hitam. Ikuti langkah-langkahnya seperti pada tabel berikut ini. Aktifkan terlebih dahulu *wiring mode* dengan klik .

Tabel 12. Langkah-langkah Pemasangan Kabel Catu Daya Untuk Gambar 51

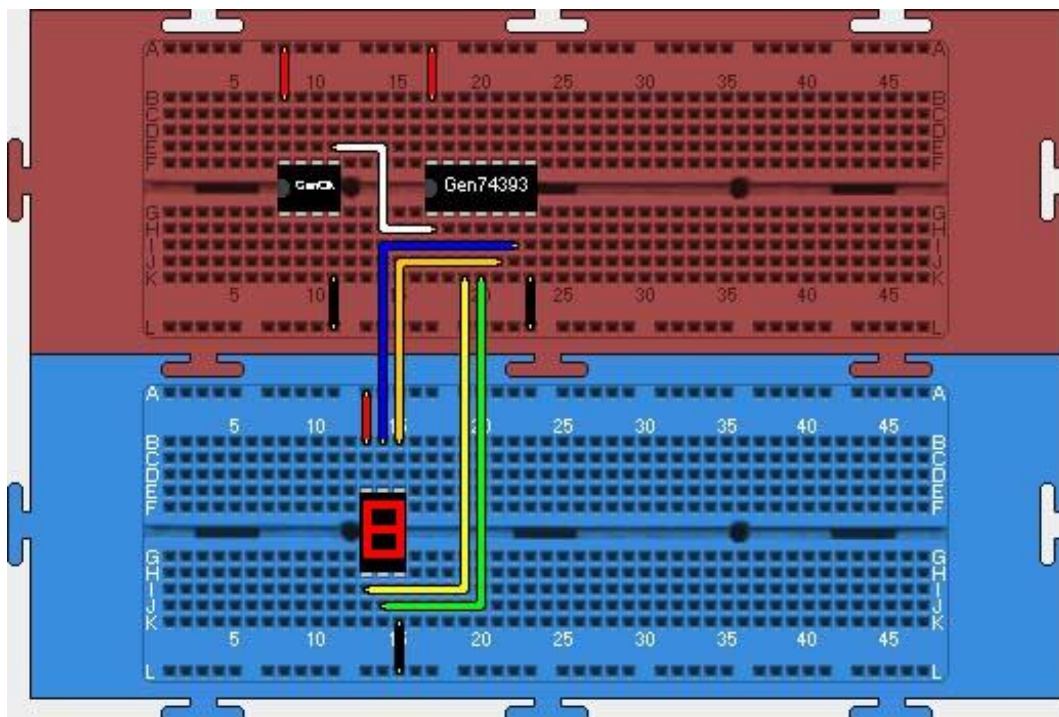
Hubungan Antar Titik	Warna Kabel	Cara
B8-A8 <i>breadboard 1</i>	Merah	Klik Wire>Red> >Titik B8>klik double pada A8
B17-A17 <i>breadboard 1</i>	Merah	Klik Wire>Red> >Titik B17>klik double pada A17
B13-A13 <i>breadboard 2</i>	Merah	Klik Wire>Red> >Titik B13>klik double pada A13
K11-L11 <i>breadboard 1</i>	Hitam	Klik Wire>Black> >Titik K11>klik double pada L11
K23-L23 <i>breadboard 1</i>	Hitam	Klik Wire>Black> >Titik K23>klik double pada L23
K15-L15 <i>breadboard 2</i>	Hitam	Klik Wire>Black> >Titik K15>klik double pada L15

5. Selanjutnya, lakukan pemasangan kabel-kabel antar komponen dan ikuti langkah-langkahnya seperti pada tabel berikut ini.


Tabel 13. Langkah-langkah Pemasangan Kabel Antar Komponen Gambar 51

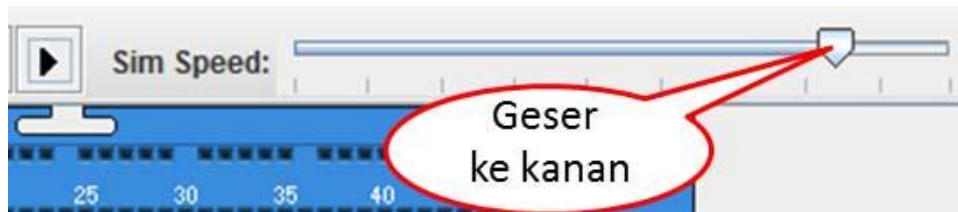
Hubungan Antar Titik	Warna Kabel	Cara
E11-H17 <i>breadboard 1</i>	Putih	Pada breadboard 1: Klik Wire>White>Titik E11 >Titik E14>Titik H14>klik double pada H17
K19 (<i>breadboard 1</i>)-I13 (<i>breadboard 2</i>)	Kuning	Klik Wire>Yellow>Titik K19 (Breadboard 1)>Titik I19(breadboard 2)> double pada I13 (breadboard 2)
K20 (<i>breadboard 1</i>)-J14 (<i>breadboard 2</i>)	Hijau	Klik Wire>Green>Titik K20 (Breadboard 1)>Titik J20(breadboard 2)> double pada J14 (breadboard 2)
J21 (<i>breadboard 1</i>)-B15 (<i>breadboard 2</i>)	Orange	Klik Wire>Orange>Titik J21 (Breadboard 1)>Titik J15(breadboard 1)> double pada B15 (breadboard 2)
I22 (<i>breadboard 1</i>)-B14 (<i>breadboard 2</i>)	Biru	Klik Wire>Blue>Titik I22 (Breadboard 1)>Titik I14(breadboard 1)> double pada B14 (breadboard 2)

Jika pemasangan kabel dilakukan dengan benar maka akan dihasilkan gambar sebagai berikut.



Gambar 54. Susunan Rangkaian Gambar 51 Menggunakan *Breadboard* Ganda

6. Untuk mencoba keberhasilan rangkaian *counter* yang telah disusun, jalankan simulasi dengan klik **Simulation>Run** atau klik . Coba atur kecepatan simulasi dengan menggeser tombolnya ke kanan agar rangkaian *counter* menjadi cepat jalannya.



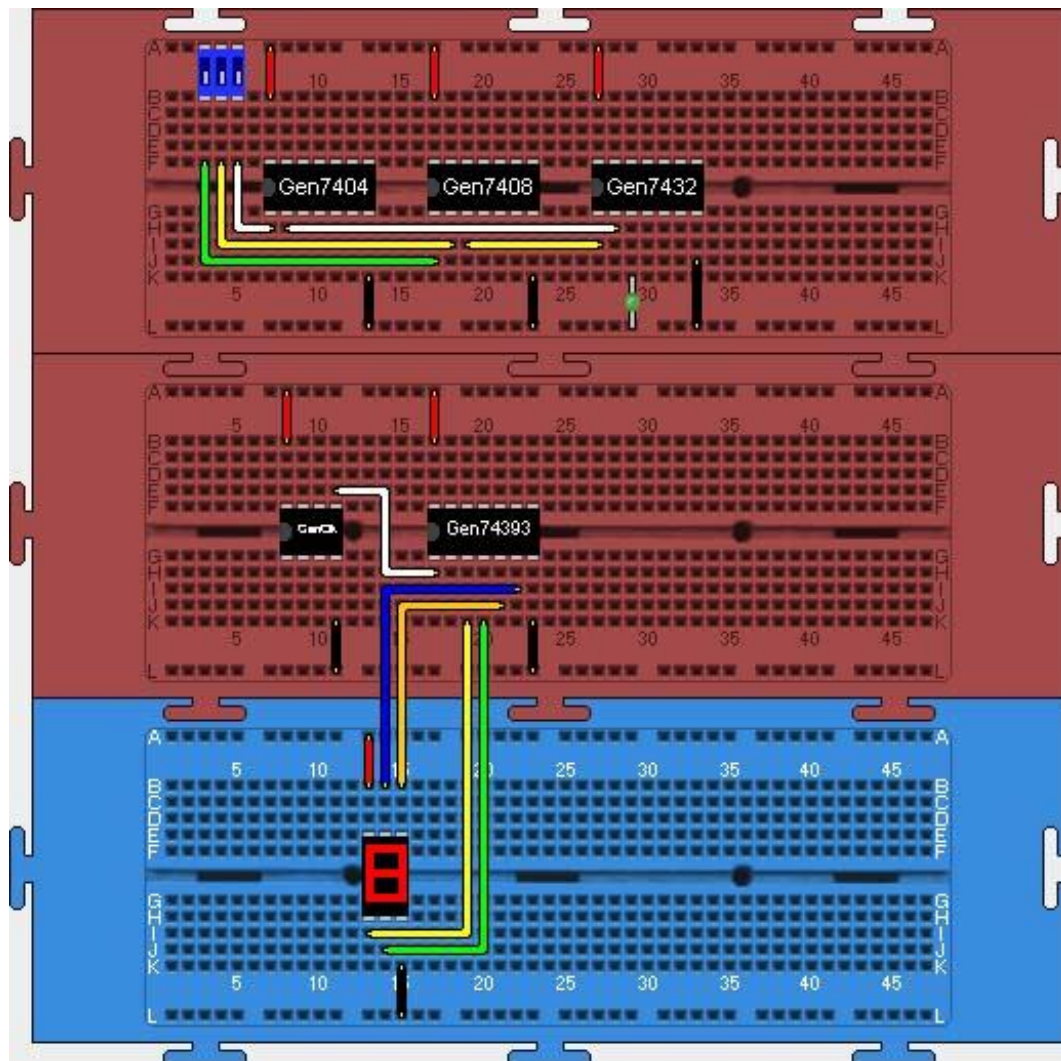
Gambar 55. Cara Mempercepat Proses Simulasi

7. Rangkaian *counter* pada gambar 52 telah berhasil disusun dengan benar jika hasil simulasinya menunjukkan *display* 7-segmennya dapat menampilkan angka heksadesimal dari 0 sampai dengan F, kembali ke 0 dan seterusnya.
8. Simpan rangkaian tersebut ke dalam file dengan nama **pencacah.cir**. Untuk mengakhiri simulasi tekan tombol **Backspace** pada *keyboard*.

D. Menyisipkan Rangkaian

Simulator ini juga memungkinkan penggunanya dapat membuka beberapa *file* rangkaian dalam sebuah layar. Misal akan dibuka dua buah *file* **kombinasi.cir** dan **pencacah.cir** dalam satu layar, maka langkah-langkah adalah sebagai berikut.

1. Buka file **kombinasi.cir** dengan klik **File>Open>Yes>Pilih file kombinasi.cir>Open**.
2. Sisipkan file **pencacah** dengan klik **File>Insert Circuit>Pilih file pencacah.cir>Open**.
3. Jika langkah-langkah tersebut dilakukan dengan benar, maka akan diperoleh tampilan pada layar seperti pada gambar berikut ini.
4. Walaupun beberapa rangkaian ditampilkan dalam satu layar, namun setiap rangkaian berdiri sendiri-sendiri dan tidak saling mempengaruhi. Dengan cara seperti ini memungkinkan pengguna dapat bekerja dengan berbagai topik eksperimen secara simultan sehingga dari sisi waktu menjadi lebih efisien.



Gambar 56. Pembukaan Beberapa *File* Rangkaian Dalam Satu Layar

5. Pada gambar 56, terlihat bahwa dua buah rangkaian telah disediakan dalam satu layar yakni rangkaian dalam *file* **kombinasi.cir** (*breadboard 1*) dan rangkaian dalam *file* **pencacah.cir** (*breadboard 2* dan *breadboard 3*).
6. Coba jalankan simulasi untuk mencoba kedua rangkaian tersebut!
7. Rangkaian-rangkaian yang telah ditampilkan dalam satu layar ini juga dapat disimpan menjadi rangkaian baru ke dalam sebuah *file*. Simpan rangkaian yang telah digabung ini dengan nama **gabungan.cir**.

DAFTAR PUSTAKA

- Bailey, C. & Freeman, M. J. (2010). A Java bread-board simulator: Digital circuit simulation with an open-source toolset. *IADIS International Journal on Computer Science and Information System*, Volume VV, 1, 13-25.
- Freeman, M. 2010. *Getting started with java bread board in windows*. Heslington: Department of Computer Science The University of York.
- Glass, N. *Java breadboard simulator user guide*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://www.cs.binghamton.edu/~sgreene/jbreadboard/guide2.html>.
- Glass, N. *Java breadboard simulator demo circuits*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://www.cs.binghamton.edu/~sgreene/jbreadboard/demo.html>.
- Muchlas. 2005. *Rangkaian digital*. Yogyakarta: Gava Media.

Modul 5

Panduan Pembelajaran *Online* Praktik Teknik Digital di Perguruan Tinggi

Untuk Dosen Pengampu

Muchlas



Modul 5

Panduan Pembelajaran *Online*
Praktik Teknik Digital
di Perguruan Tinggi

Untuk Dosen Pengampu

Muchlas

KATA PENGANTAR

Panduan ini digunakan untuk membantu dosen pengampu dalam mempersiapkan pelaksanaan kegiatan praktik teknik digital secara *online* di lingkungan program studi teknik elektro dan program studi-program studi serumpunnya.

Model pembelajaran praktik *online* yang ada dalam panduan ini menggunakan pendekatan *blended learning* yakni melalui tatap muka sebanyak dua sesi dan kegiatan *online* sebanyak delapan sesi. Kegiatan tatap muka digunakan untuk memberikan pelatihan penggunaan simulator dan pelatihan pembelajaran praktik *online*. Kegiatan praktiknya diselenggarakan dengan pendekatan kolaborasi *online* menggunakan simulator untuk menggantikan alat dan bahan praktik. Sedangkan metode pembelajarannya adalah inkuiri terbimbing. Dalam menjalankan tugasnya, dosen pengampu dibantu oleh instruktur, sehingga sangat diharapkan dapat dilakukan koordinasi antar keduanya sebelum kegiatan praktik diselenggarakan.

Model pembelajaran praktik *online* ini dapat digunakan pada mata kuliah selain Teknik Digital, namun pemilihan matakuliah yang akan dipraktikkan perlu memperhatikan karakteristiknya.

Dengan berbagai keterbatasannya, panduan ini diharapkan dapat digunakan secara efektif sebagai sarana untuk membantu dosen pengampu dalam mempersiapkan praktik secara *online*.

Yogyakarta, September 2012
Penyusun,

Muchlas

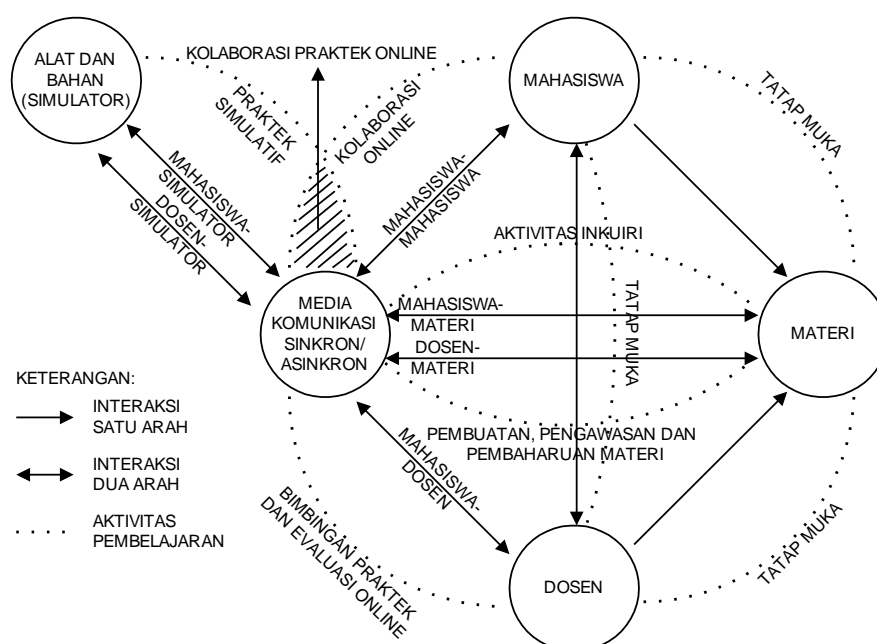
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAGIAN I. PERANGKAT PENDUKUNG PEMBELAJARAN PRAKTIK <i>ONLINE</i>	1
A. Model Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	1
B. Perangkat Pendukung	3
BAGIAN II. INSTALASI PERANGKAT PENDUKUNG	4
A. <i>Web Browser</i>	4
B. Java Runtime Environment (JRE)	6
C. Simulator <i>Breadboard</i>	8
D. TeamViewer: Program Pendukung Kolaborasi <i>Online</i>	10
E. <i>PDF Reader</i>	13
BAGIAN III. KEGIATAN DOSEN PENGAMPU DALAM PRAKTIK <i>ONLINE</i>	14
A. Pemasangan Pengumuman Pada Papan Informasi Program Studi	14
B. Pembagian Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	15
C. Instalasi Perangkat Pendukung	15
D. Pendaftaran Dosen Pengampu	15
E. Pengaturan Jadwal Praktik dan Grup	17
F. Pemasangan Materi	18
1. Pembuatan <i>Link</i> Bacaan	18
2. Pembuatan Halaman <i>Web</i>	21
3. Pengaturan <i>Link</i> Aktivitas	23
G. Pengaturan Kelompok Praktik	35
H. Pengaturan Papan Pengumuman <i>Online</i>	36
I. Pelatihan Simulator <i>Breadboard</i>	38
J. Pelatihan Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	39
K. Pengumpulan dan Penilaian Tugas Pendahuluan	40
L. Pemberian <i>Pre-Test</i>	42
M. Pembimbingan dan Penilaian Aktivitas Praktik	44
N. Pemberian <i>Post-Test</i>	48
O. Pemberian Tugas Laporan	48
P. Pemantauan Nilai	49
Q. Keluar Portal Laboratorium Virtual	49
DAFTAR PUSTAKA	50

BAGIAN I

A. Model Pembelajaran Praktik *Online*

Pembelajaran praktik dalam panduan ini diselenggarakan dengan pendekatan *blended learning* yakni gabungan antara kegiatan tatap muka dan *online*. Ilustrasi model pembelajarannya ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Ilustrasi Model Pembelajaran Praktik Menggunakan Simulator Dengan Pendekatan Kolaborasi *Online*

Interaksi yang terjadi dalam model pembelajaran ini mencakup:

1. Interaksi Antara Dosen/Instruktur Dengan Mahasiswa

Interaksi ini terjadi pada dua kegiatan yakni tatap muka dan *online*. Kegiatan tatap muka diselenggarakan pada pertemuan ke-1 dan pertemuan ke-2, sedangkan kegiatan *online* pada pertemuan-pertemuan berikutnya. Kegiatan praktik menggunakan model ini, menyediakan 10 pertemuan dan deskripsi interaksi dosen/instruktur dengan mahasiswa pada masing-masing pertemuan disajikan melalui tabel berikut ini.

Tabel 1. Deskripsi Interaksi Dosen/Instruktur Dengan Mahasiswa

Pertemuan	Jenis Kegiatan	Deskripsi Interaksi
Ke-1	Tatap Muka	Pemberian materi penggunaan simulator <i>breadboard</i>
Ke-2	Tatap Muka	Pemberian materi pembelajaran praktik <i>online</i> dan instalasi persyaratan operasi
Ke-3 s.d. Ke-10	<i>Online</i>	Bimbingan praktik dan evaluasi (<i>pre-test</i> , <i>post-test</i> dan tugas laporan) <i>online</i>

2. Interaksi Mahasiswa Dengan Mahasiswa

Interaksi antar mahasiswa terjadi melalui kegiatan kolaborasi *online* dalam praktik maupun diskusi *online*. Kolaborasi praktik *online* dilakukan dengan *mode* sinkron melalui akses secara bersama-sama terhadap simulator menggunakan aplikasi *remote desktop*. Sedangkan diskusi *online* dilakukan melalui aplikasi *chatting* maupun konferensi *video*.

3. Interaksi Mahasiswa Dengan Alat dan Bahan

Interaksi antara mahasiswa dengan alat dan bahan yang berupa simulator *breadboard* berlangsung secara *online* dalam aktivitas praktik secara simulatif.

4. Interaksi Dosen/Instruktur Dengan Alat dan Bahan

Interaksi antara dosen/instruktur dengan alat dan bahan dilakukan secara *online* dalam kegiatan bimbingan praktik simulatif.

5. Interaksi Mahasiswa Dengan Materi

Pada pertemuan ke-1 dan pertemuan ke-2, interaksi antara mahasiswa dan materi berlangsung melalui kegiatan tatap muka untuk mendukung pelatihan penggunaan simulator dan pelatihan pembelajaran praktik *online*. Materi pembelajaran pada pertemuan-pertemuan awal ini berupa panduan penggunaan simulator *breadboard* dan panduan pembelajaran praktik *online* dalam bentuk *printout* maupun *softcopy*. Sedangkan untuk pertemuan ke-3 sampai dengan pertemuan ke-10, interaksi keduanya berlangsung melalui kegiatan *online* dengan pendekatan inkuiri terbimbing. Materi dalam pertemuan-pertemuan ini disediakan dalam bentuk *online* dengan tampilan *web page* maupun *softcopy*. Mahasiswa juga dapat menyediakan sendiri materi ini dalam bentuk *printout* dengan mengunduhnya (*download*) terlebih dahulu dari portal laboratorium virtual.

6. Interaksi Dosen Dengan Materi

Interaksi antara dosen/instruktur dengan materi terjadi dalam dua kegiatan yakni tatap muka dan *online*. Pada kegiatan tatap muka, dosen/instruktur secara langsung berinteraksi dengan panduan simulator *breadboard* dan panduan pembelajaran praktik *online* untuk mendukung keberhasilan pelatihan kepada mahasiswa. Sedangkan pada kegiatan *online*, interaksi keduanya dilakukan dalam bentuk kegiatan pembuatan, pengawasan dan pembaharuan materi oleh dosen.

B. Perangkat Pendukung

Agar pembelajaran praktik *online* ini dapat berlangsung dengan baik diperlukan berbagai perangkat sebagai pendukungnya. Sebelum melaksanakan kegiatan praktik, dosen/instruktur dan mahasiswa harus menyediakan dan memperoleh perangkat yang diperlukan seperti disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Perangkat Pendukung Pembelajaran Praktik *Online*

Jenis Perangkat	Nama Perangkat dan Spesifikasi	Cara Memperoleh
Perangkat Keras	Komputer desktop/laptop: tersambung ke internet, memiliki kemampuan untuk <i>browsing</i> , <i>webcam</i> dan <i>headset</i>	Disediakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa
Perangkat Lunak	Sistem Operasi: Windows XP, Windows 7, atau Windows Vista	Disediakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa
	<i>Browser</i> : Mozilla Firefox 12.0	Diunduh melalui internet
	<i>Java Runtime Environment (JRE)</i> : Versi 1.3 atau lebih tinggi	Diunduh melalui internet
	<i>Simulator Breadboard</i> : Versi 1.11	Diunduh melalui internet
	<i>Program shared-desktop</i> : TeamViewer 7	Diunduh melalui internet
	<i>PDF Reader</i> : Adobe Reader X (10.1.3)	Diunduh melalui internet
Perangkat Pembelajaran	Silabus dan Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital: <i>Web page</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Panduan Simulator <i>Breadboard</i> : <i>Webpage</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> : <i>hardcopy</i> dan PDF	Disediakan oleh dosen/ diunduh dari portal vlab
	Panduan Praktik Teknik Digital: <i>Web page</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Buku Ajar Teknik Digital: PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual

BAGIAN II INSTALASI PERANGKAT PENDUKUNG

Sebelum melaksanakan pembelajaran praktik *online* ini, komputer yang akan digunakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa telah tersambung ke internet dan di dalamnya harus terpasang program-program: (1) sistem operasi dari keluarga Windows, (2) *web browser*, (3) *Java Runtime Environment* (JRE), (4) simulator *Breadboard*, (5) *TeamViewer*, dan (6) *PDF Reader*.

A. *Web Browser*

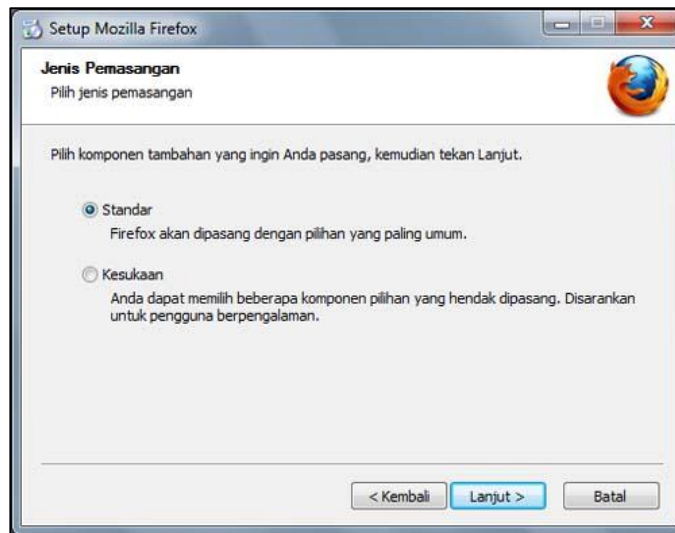
Seluruh kegiatan praktik *online* ini dikelola melalui portal laboratorium virtual berbasis *web* dengan alamat akses <http://elab.uad.ac.id>. Untuk dapat mengakses dan menjalankan portal laboratorium virtual diperlukan *web browser*. Walaupun *browser* yang digunakan dapat dari berbagai jenis, namun dalam kegiatan praktik ini disarankan menggunakan *Mozilla Firefox* versi terbaru. Instalasinya dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

1. Lakukan *download* program *setup Firefox* menggunakan *link* berikut ini <http://download.mozilla.org/?product=firefox-12.0&os=win&lang=id>.
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Klik *Run* pada jendela *Open File-Security Warning* untuk memulai instalasi.
4. Jika muncul jendela *User Account Control* klik *Yes*.
5. Klik tombol *Lanjut* pada jendela *Selamat Datang Setup Mozilla Firefox*.



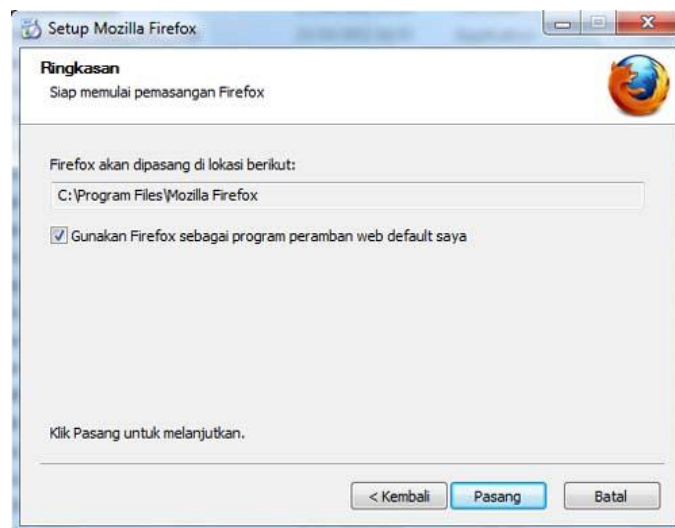
Gambar 2. Jendela Selamat Datang Pada *Setup Mozilla Firefox*

6. Pilih Standar pada menu Pilihan Jenis Pemasangan dan Klik Lanjut pada jendela berikut ini.



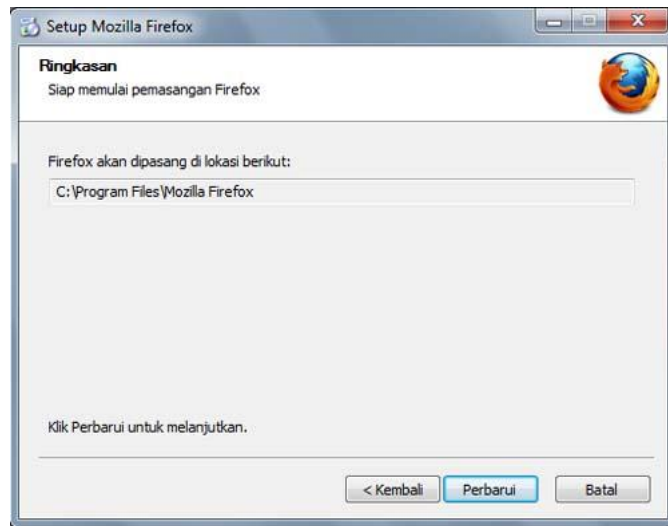
Gambar 3. Jendela Jenis Pemasangan Pada *Setup Mozilla Firefox*

7. Jika *browser* ini belum pernah dipasang, maka akan muncul jendela berikut, selanjutnya klik Pasang.



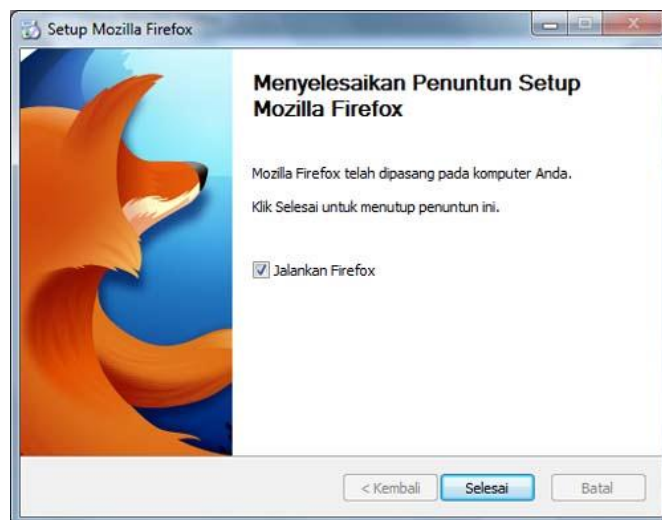
Gambar 4. Jendela Memulai Pasang Pada *Setup Mozilla Firefox*

dan jika *browser* ini pernah terpasang serta dalam keadaan sedang dijalankan, tutup terlebih dahulu *browser* Mozilla Firefox sehingga akan muncul jendela berikut, selanjutnya klik Perbaharui!



Gambar 5. Jendela Perbarui Pada *Setup Mozilla Firefox*

8. Untuk mengakhiri instalasi *browser* ini, klik pada Selesai.



Gambar 6. Jendela Penutup Pada *Setup Mozilla Firefox*

B. *Java Runtime Environment (JRE)*

Oleh karena simulator *breadboard* yang digunakan pada praktik ini dibuat dengan menggunakan program *Java*, maka diperlukan program pendukung untuk menjalankannya. *Java Runtime Environment (JRE)* merupakan program pendukung berjalannya simulator *breadboard*. Walaupun JRE yang digunakan

dapat dari versi 1.3 ke atas, namun dalam praktik ini disarankan menggunakan versi terbaru. Instalasi program JRE dilakukan melalui prosedur berikut ini.

1. Lakukan *download* terlebih dahulu *installer* JRE dari <http://www.softpedia.com/dyn-postdownload.php?p=71050&t=0&i=1>.
2. Jalankan *installer* JRE dengan klik *double* pada *file* hasil *download* dan klik *Install* setelah muncul jendela *Java Setup-Welcome* berikut ini!



Gambar 7. Jendela *Java Setup-Welcome*

3. Sesaat akan ditampilkan jendela status instalasi dan keadaan ini harus ditunggu.



Gambar 8. Jendela *Java Setup Progress*


4. Setelah muncul jendela *Java Setup-Complete*, klik pada tombol *Close* untuk mengakhiri proses instalasi JRE.








Gambar 9. Jendela *Java Setup-Complete*


C. Simulator *Breadboard*.

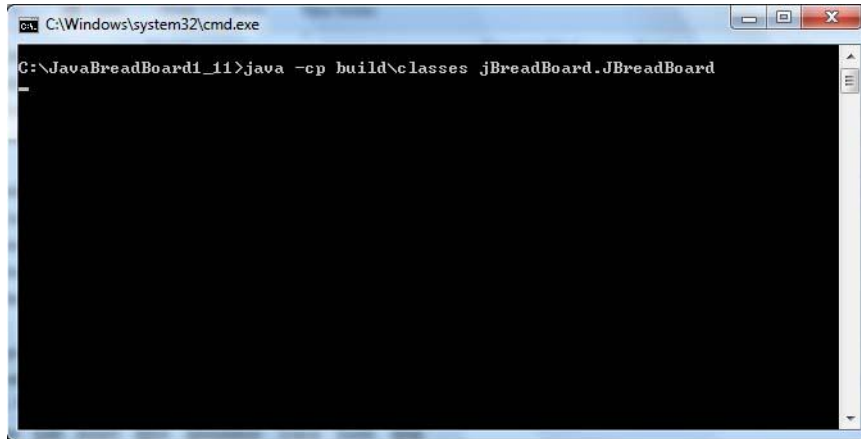
Program ini digunakan untuk menyediakan *breadboard* dan bahan-bahan praktik berupa IC logika, peraga LED, saklar, dan kabel yang bersifat virtual. Simulator ini berbasis program *Java* sehingga beroperasinya memerlukan syarat adanya program JRE pada tiap komputer yang menjalankannya. Instalasi simulator *breadboard* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Lakukan *download* terlebih dahulu program simulator ini dari: <http://www.cs.york.ac.uk/jbb/archive/toolset/JavaBreadBoard1-11.zip>
2. Lakukan *extract* terhadap *file* *JavaBreadBoard1_11.zip* menggunakan program seperti WinZip, pilihlah lokasi *folder* hasil *extract* misalnya di C. Jika ekstraksi *file* tersebut berhasil maka akan menghasilkan folder C:\JavaBreadBoard1_11 dan di dalamnya terdapat *file* *go* dengan icon . Secara lengkap isi foldernya adalah:

Name	Date modified	Type	Size
 ReadMe	19/05/2010 12:31	Text Document	2 KB
 go.sh	11/05/2010 21:17	SH File	1 KB
 go	11/05/2010 21:16	COMMAND File	1 KB
 go	27/10/2011 21:05	Windows Batch File	1 KB
 build	27/10/2011 21:05	File folder	

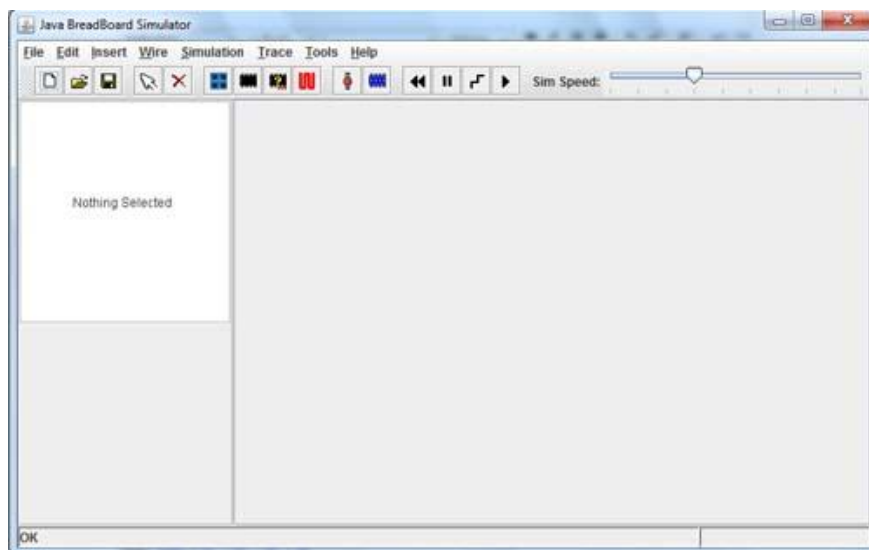
Gambar 10. Isi Folder Simulator *Breadboard*

3. Untuk mencoba keberhasilan instalasi, jalankan simulator *breadboard* dengan klik *double* pada go. Program akan menampilkan 2 jendela, yakni pertama:




Gambar 11. Jendela Eksekusi Java

Biarkan jendela ini tetap ada selama anda menjalankan program simulator *breadboard*. Jika tampilannya mengganggu, lakukan *minimizing* saja, dengan klik pada tanda "-", jangan ditutup, dan jendela kedua adalah:



Gambar 12. Jendela Antarmuka Sumulator *Breadboard*

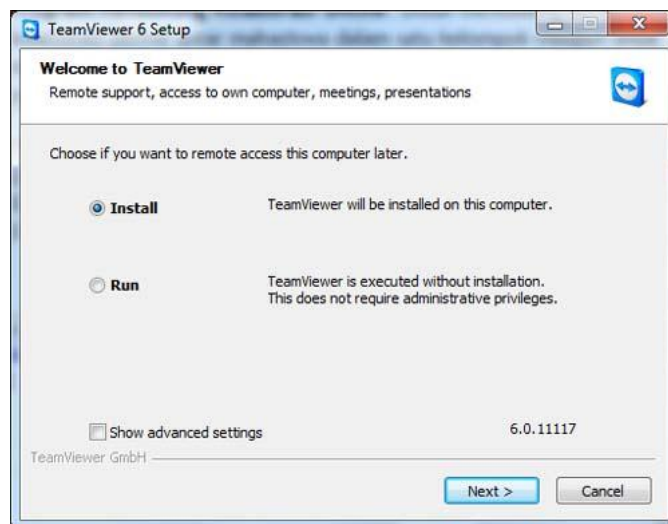
Jendela ini adalah tampilan simulator *breadboard* dan informasi secara lengkap serta cara penggunaannya disampaikan pada Panduan Simulator *Breadboard*.

4. Untuk selanjutnya, simulator *breadboard* dijalankan dengan cara masuk terlebih dahulu ke folder C:\JavaBreadBoard1_11 diteruskan dengan klik pada  Go.

D. TeamViewer: Program Pendukung Kolaborasi Online

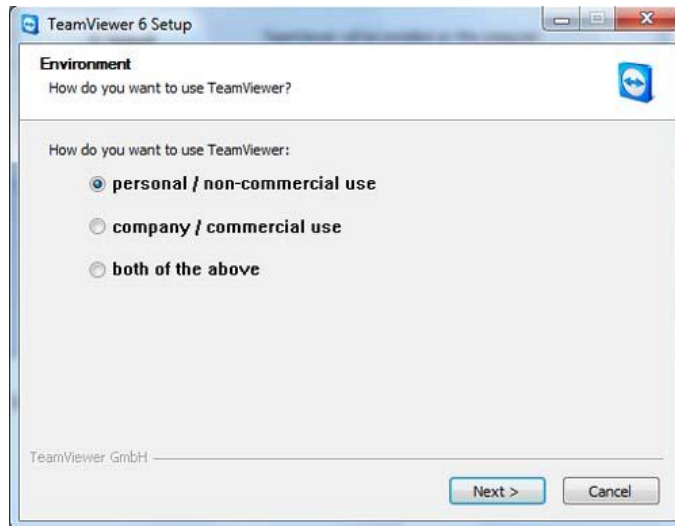
Untuk mendukung kerja kolaborasi *online* antar mahasiswa dalam satu kelompok maupun antar mahasiswa dan instruktur digunakan program dari *TeamViewer*. Instalasinya dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Lakukan *download* penginstal program *TeamViewer* dari http://www.teamviewer.com/download/TeamViewer_Setup_id.exe
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Pada jendela berikut ini, pilih *Install* dan klik *Next*.



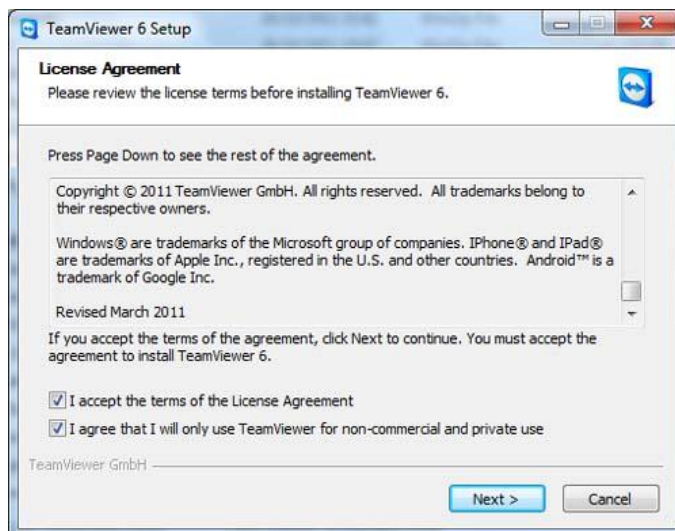
Gambar 13. Jendela *Welcome* Pada *TeamViewer Setup*

4. Pilih *Personal/Non Commercial Use* pada jendela di bawah ini, dilanjutkan dengan klik *Next*.



Gambar 14. Jendela Pilihan *Environment* Pada *TeamViewer Setup*

5. Pada jendela *Licence Agreement*, pilih kedua opsi yang ada yakni *I accept the terms of the Licence Agreement* dan *I agree that I will only use TeamViewer for non-commercial and private use*, diteruskan dengan klik *Next*.




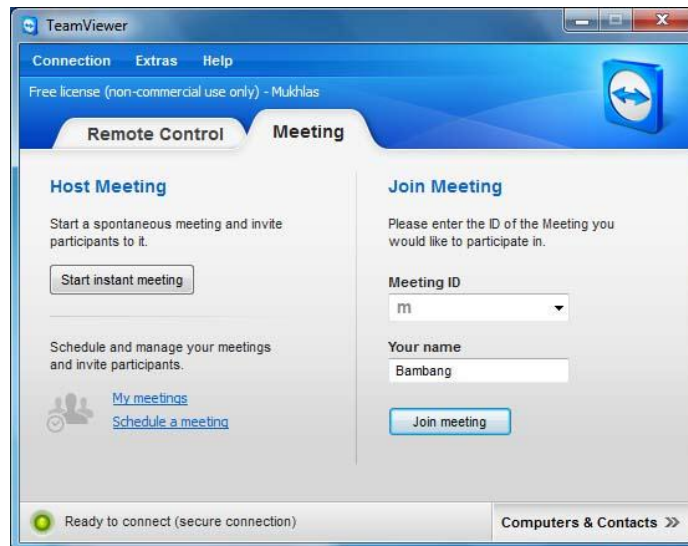
Gambar 15. Jendela *Licence Agreement* Pada *TeamViewer Setup*

6. Pilih *No (default)* pada jendela berikut, diteruskan dengan klik *Next*.



Gambar 16. Jendela Pilihan Jenis Instalasi Pada *TeamViewer Setup*

7. Jika instalasi TeamViewer berhasil, maka akan muncul jendela seperti di bawah ini, dan pada layar desktop terdapat *shortcut* dengan icon .



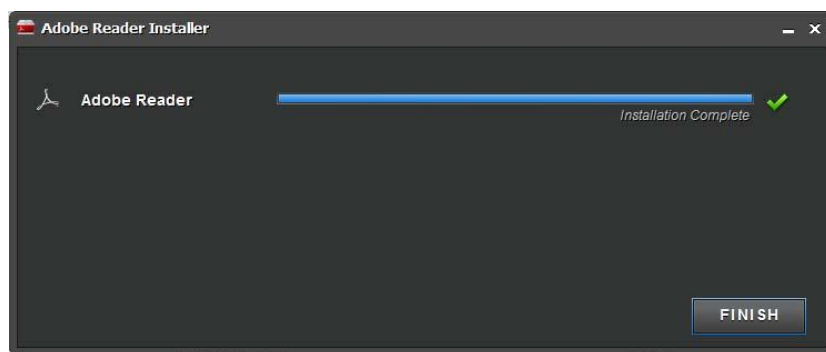
Gambar 17. Jendela Utama *TeamViewer*

Jendela itu menunjukkan bahwa instalasi *TeamViewer* ke dalam komputer telah sukses dilaksanakan. Penggunaan dari program ini akan dijelaskan pada Panduan Simulator *Breadboard*.

E. PDF Reader

Agar komputer kita dapat membaca sumber-sumber dalam portal laboratorium virtual dalam bentuk berkas PDF, diperlukan PDF Reader. Untuk memasang PDF Reader, lakukan langkah-langkah berikut ini:

1. *Download* terlebih dahulu penginstalannya dari situs: <http://get.adobe.com/reader/download/>.
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Tunggulah beberapa saat sampai muncul jendela berikut ini.



Gambar 18. Jendela Instalasi *Adobe Reader*

4. Klik *Finish* untuk mengakhiri instalasi.

Jika semua langkah-langkah tersebut telah dilakukan, maka persyaratan operasi pelaksanaan pembelajaran praktik *online* ini, dari sisi perangkat keras dan perangkat lunaknya, telah dapat terpenuhi. Bagi dosen pengampu, langkah selanjutnya setelah memasang semua persyaratan operasi adalah menyediakan atau mengunggah (*upload*) perangkat pembelajaran yang berupa Silabus dan Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital, Panduan Simulator *Breadboard*, Panduan Praktik Teknik Digital, Buku Ajar Teknik Digital, maupun perangkat evaluasi (*pre-test*, *post-test* dan laporan praktik) ke dalam portal laboratorium virtual. Sedangkan bagi mahasiswa dan instruktur, langkah berikutnya adalah mengunduh (*download*) perangkat-perangkat pembelajaran tersebut, dari portal laboratorium virtual. Untuk dapat masuk ke portal laboratorium virtual dengan alamat akses <http://elab.uad.ac.id>, dosen, instruktur dan mahasiswa harus melakukan registrasi terlebih dahulu.

BAGIAN III

KEGIATAN DOSEN PENGAMPU DALAM PRAKTIK *ONLINE*

Kegiatan dosen pengampu selama pelaksanaan pembelajaran praktik dideskripsikan pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Kegiatan Dosen Dalam Pembelajaran Praktik *Online*

Butir	Kegiatan	Waktu
A	Pemasangan pengumuman pendaftaran dan persyaratan praktik pada papan informasi program studi	Sebelum praktik
B	Pembagian panduan praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
C	Instalasi perangkat pendukung	Sebelum praktik
D	Pendaftaran dosen pengampu ke admin/pengelola portal laboratorium virtual	Sebelum praktik
E	Pengaturan jadwal praktik dan grup pada portal	Sebelum praktik
F	Pemasangan materi dan pengaturan aktivitas pembelajaran	Sebelum praktik
G	Pengaturan kelompok praktik	Sebelum praktik
H	Pemasangan pengumuman <i>online</i> tentang kegiatan pra-praktik	Sebelum praktik
I	Pemberian materi simulator <i>breadboard</i>	Sebelum praktik
J	Pemberian materi tentang pembelajaran praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
K	Pengumpulan dan penilaian tugas pendahuluan	Sebelum praktik
L	Pemberian <i>pre-test</i>	Saat praktik
M	Pembimbingan praktik	Saat praktik
N	Pemberian <i>post-test</i>	Saat praktik
O	Pemberian tugas laporan, nilai dan umpan balik	Setelah praktik
P	Pemantauan nilai	Setelah praktik
Q	Keluar portal laboratorium virtual	Setelah praktik

A. Pemasangan Pengumuman Pada Papan Informasi Program Studi

Pada langkah ini dosen memberikan informasi tentang berbagai hal yang terkait dengan penyelenggaraan praktik *online* seperti persyaratan praktik yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dari aspek perangkat keras, perangkat lunak, dan perangkat pembelajaran sesuai tabel 2 di atas. Dalam pengumuman ini, dosen juga perlu menginformasikan jadwal dan cara memperoleh perangkat pendukung yang diperlukan untuk mengikuti kegiatan ini khususnya panduan praktik *online*, serta cara melakukan pendaftaran praktik. Informasi ini dipasang secara terbuka pada papan-papan pengumuman yang tersedia di lingkungan program studi.

B. Pembagian Panduan Pembelajaran Praktik Online

Panduan praktik *online* disediakan oleh dosen pengampu dalam bentuk *hardcopy* atau buku saku dan dibagikan kepada mahasiswa serta instruktur sesuai jadwal yang telah diinformasikan melalui papan pengumuman.

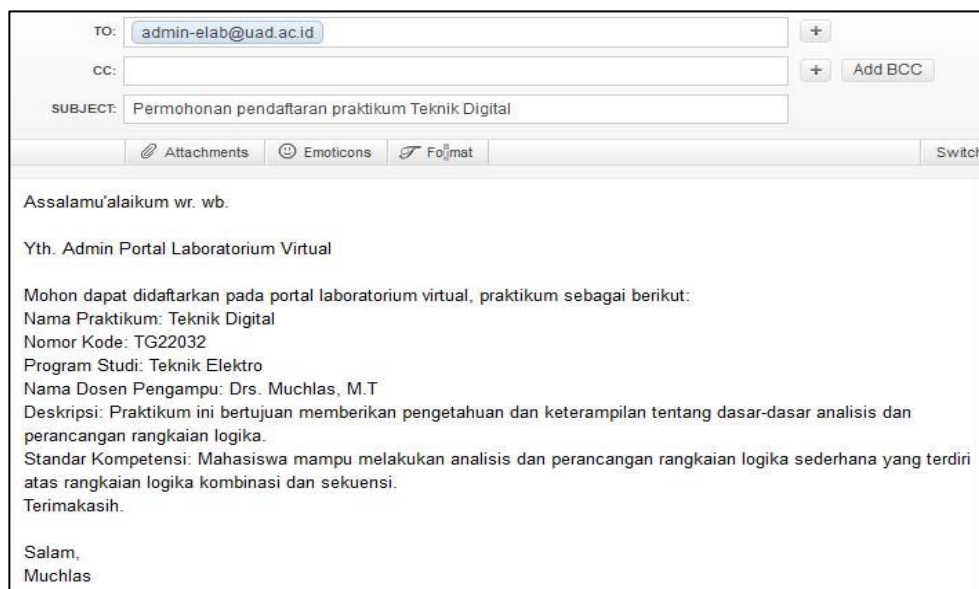
C. Instalasi Perangkat Pendukung

Kegiatan ini dilakukan sesuai dengan langkah-langkah seperti telah diuraikan pada bagian II di atas.

D. Pendaftaran Dosen Pengampu

Langkah pertama bagi dosen pengampu yang akan menggunakan portal laboratorium virtual adalah mendaftarkan nama praktik ke admin. Pendaftaran dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pastikan anda telah memiliki *email account*.
2. Lakukan pendaftaran sebagai dosen pengampu praktik dengan mengirim informasi yang berisi: nama praktik, nomor kode, program studi, nama dosen pengampu, deskripsi dan standar kompetensi melalui email ke alamat **admin-elab@uad.ac.id**. Gambar berikut ini adalah contoh email pendaftaran.



TO: admin-elab@uad.ac.id

CC:

SUBJECT: Permohonan pendaftaran praktikum Teknik Digital

Attachments Emoticons Format Switch

Assalamu'alaikum wr. wb.

Yth. Admin Portal Laboratorium Virtual

Mohon dapat didaftarkan pada portal laboratorium virtual, praktikum sebagai berikut:

Nama Praktikum: Teknik Digital

Nomor Kode: TG22032

Program Studi: Teknik Elektro

Nama Dosen Pengampu: Drs. Muchlas, M.T

Deskripsi: Praktikum ini bertujuan memberikan pengetahuan dan keterampilan tentang dasar-dasar analisis dan perancangan rangkaian logika.

Standar Kompetensi: Mahasiswa mampu melakukan analisis dan perancangan rangkaian logika sederhana yang terdiri atas rangkaian logika kombinasi dan sekuensi.

Terimakasih.

Salam,
Muchlas

Gambar 19. Contoh Email Pendaftaran

3. Setelah pengiriman permintaan tersebut dilakukan, admin akan mengatur pendaftaran praktik anda di portal laboratorium virtual dan informasi *username* serta *password* akan dikirim kembali melalui alamat email anda.

4. Periksa *inbox email* anda setiap saat untuk memastikan bahwa *username* dan *password* telah dikirim oleh admin.
5. Setelah anda memperoleh *user name* dan *password* dari admin, masuk ke portal **http://elab.uad.ac.id**, pilih bahasa misalnya Indonesia, dan diteruskan dengan login melalui tampilan awal berikut ini.



Gambar 20. Tampilan Beranda (*Home*) Portal Laboratorium Virtual

6. Isilah nama pengguna dan *password* sesuai informasi dari admin yang dikirim lewat email anda, dan selanjutnya **klik Login**.



Gambar 21. Halaman Untuk *Login* ke Portal Laboratorium Virtual

Setelah masuk ke portal laboratorium virtual, kegiatan selanjutnya yang harus dilaksanakan dosen pengampu adalah menyusun jadwal praktik, mengatur mode grup dan mengunggah semua perangkat pembelajaran yang diperlukan.

Sebelum melakukan pengaturan dalam portal laboratorium virtual, pastikan terlebih dahulu bahwa anda telah menyusun jadwal kegiatan praktik untuk 10 kali pertemuan.

E. Pengaturan Jadwal Praktik dan Grup

Pengaturan jadwal praktik pada portal laboratorium virtual dapat diikuti dengan melakukan langkah-langkah berikut ini.

1. Setelah login ke portal laboratorium virtual, pilih bahasa misalnya Indonesia, dan nama praktik yang sesuai/diinginkan.



Gambar 22. *Link* Untuk Memilih Jenis Praktik dan Bahasa

2. Pada menu Administrasi, pilih **Pengaturan** seperti gambar berikut ini.



Gambar 23. *Link* Untuk Masuk ke Menu Pengaturan

3. Isilah **Format** dengan **Format Mingguan**, tentukan jumlah sesi praktik yang akan diselenggarakan, misalnya 10 minggu serta isilah tanggal dimulainya praktik.

Gambar 24. Antarmuka Pengaturan Jadwal Praktik

4. Isilah **Mode Group** dengan **Separate Groups** seperti gambar berikut ini!

Gambar 25. Antarmuka Pengaturan Grup

5. Akhiri langkah ini dengan dengan klik pada **Simpan perubahan**.

F. Pemasangan Materi

1. Pembuatan *Link Bacaan*

Dalam praktik ini, materi-materi yang diperlukan mencakup Silabus dan Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital, Panduan Simulator *Breadboard*, Panduan Pembelajaran Praktik *Online*, Panduan Praktik Teknik Digital, dan Buku Ajar Teknik Digital. Sebelum mengunggah materi, dosen pengampu perlu mempersiapkan terlebih dahulu materi-materi tersebut dalam bentuk *file* PDF. Daftar materi yang perlu dipasang dalam portal laboratorium virtual ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Daftar Materi Pembelajaran Praktik *Online* yang Terpasang Pada Portal

Sesi Praktik	Nama Materi/Aktivitas	Bentuk
I	Satuan Acara Perkuliahan/Praktik	PDF, halaman <i>web</i>
	Buku Ajar Teknik Digital	PDF
	Panduan Simulator <i>Breadboard</i>	PDF, halaman <i>web</i>
II	Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	PDF
III s.d. X	Panduan Praktik	PDF, halaman <i>web</i>

Untuk mengunggah materi dan membuat *link* bacaan, ikuti prosedur berikut ini.

- a. Hidupkan mode ubah!



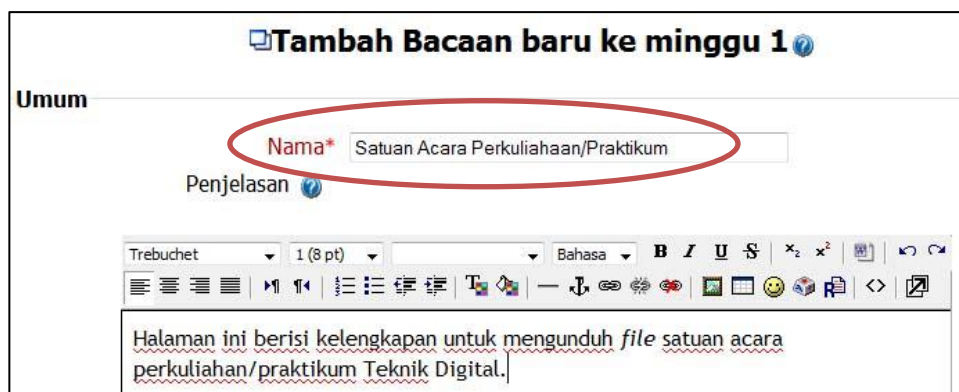
Gambar 26. Tombol Untuk Menghidupkan Mode Ubah

- b. Siapkan *file* dalam bentuk PDF, misalnya SAP-Teknik-Digital.PDF. Pada kotak minggu pertama, **klik Tambahkan sumber>Link to a file or website**.



Gambar 27. *Link* Untuk Masuk ke Halaman Pengaturan *Link to File*

- c. Isilah nama bacaan dan berikan penjelasan singkat tentang kelengkapan ini. Nama bacaan ini nantinya dapat diklik oleh pengguna untuk mengunduh *file* yang telah diunggah.



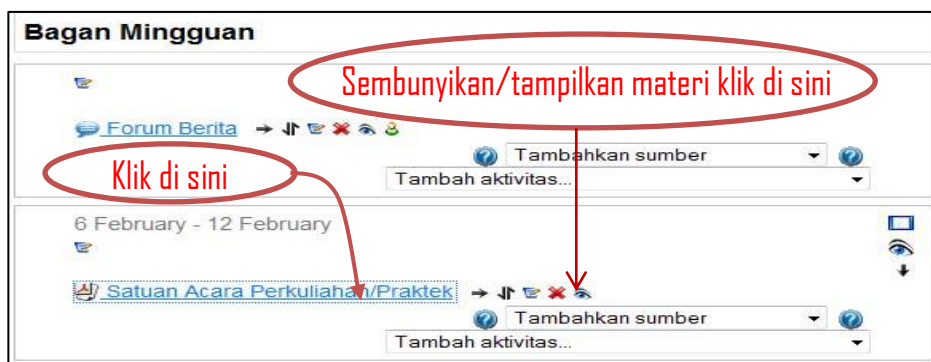
Gambar 28. Halaman Untuk Pengaturan *Link to File*

- d. Buat folder terlebih dahulu dengan klik pada tombol **Pilih atau Upload sebuah file**>**Buat folder** diteruskan dengan menulis nama folder yang akan dibuat misalnya **SAP**, dan klik **Buat**.
- e. Unggah file ke dalam folder **SAP** dengan klik folder **SAP**>**Upload File**>**Browse** diteruskan dengan memilih *file* yang akan diunggah. Setelah *file* yang akan diunggah terpilih diteruskan dengan klik pada **Upload file ini**. Tunggu beberapa saat untuk memastikan *file* telah diunggah dengan sempurna.
- f. Untuk memilih *file* yang akan dihubungkan dengan nama bacaan dan nantinya dapat diunduh, klik **Pilih** pada nama *file* yang sesuai.



Gambar 29. Antarmuka Pemilihan *File* yang Nantinya Dapat Diunduh

- g. Akhiri langkah ini dengan klik **Save and return to course**
- h. Untuk memastikan keberhasilan *link* bacaan yang dapat diunduh, klik pada nama bacaan. *Link* telah berhasil dibuat jika klik yang dilakukan menghasilkan respons berupa proses unduh terhadap bacaan tersebut. *Link* dapat disembunyikan atau ditampilkan dengan klik pada ikon gambar mata.

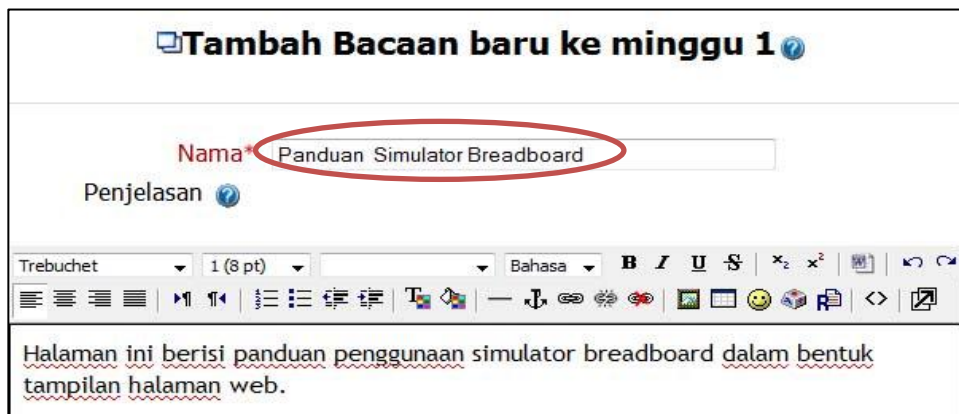


Gambar 30. *Link* Untuk Unduh Bacaan

2. Pembuatan Halaman Web

Selain dalam bentuk *link* bacaan, perangkat pembelajaran praktik ini juga dapat ditampilkan dalam bentuk halaman *web*. Untuk menyusun materi pembelajaran praktik dalam bentuk halaman *web*, lakukan langkah-langkah berikut ini.

- a. Klik pada **Tambahkan sumber>Compose a web page**, diteruskan dengan mengisi nama bacaan dan penjelasannya



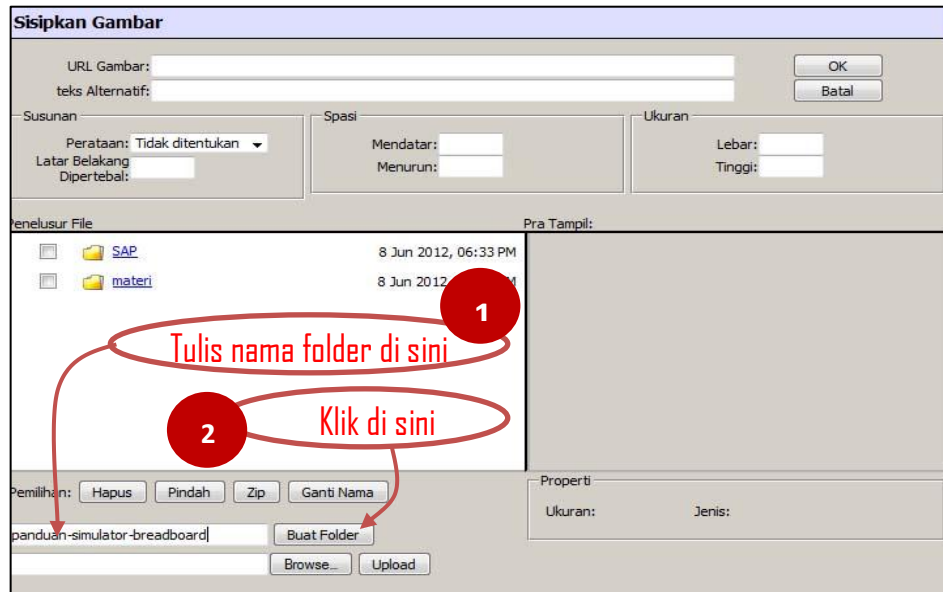
Gambar 31. Halaman Untuk Pengaturan Pembuatan Materi Berbentuk Web

- b. Pada bagian **Teks lengkap**, tulislah materi pembelajaran praktik yang akan ditampilkan menggunakan halaman *web*. Materi dapat ditulis langsung atau melalui langkah *copy-paste* dari *file* lain. Untuk menyempurnakan tampilan *web*, tulisan dapat diatur dengan menggunakan fasilitas yang ada antara lain: jenis, ukuran dan warna huruf, warna latar belakang, bentuk huruf (tebal, miring, garis bawah, coretan, *subscript*, *superscript*), penomoran subjudul, *bullet*, penyisipan *link*, gambar, tabel, karakter khusus, dan *smiley*.



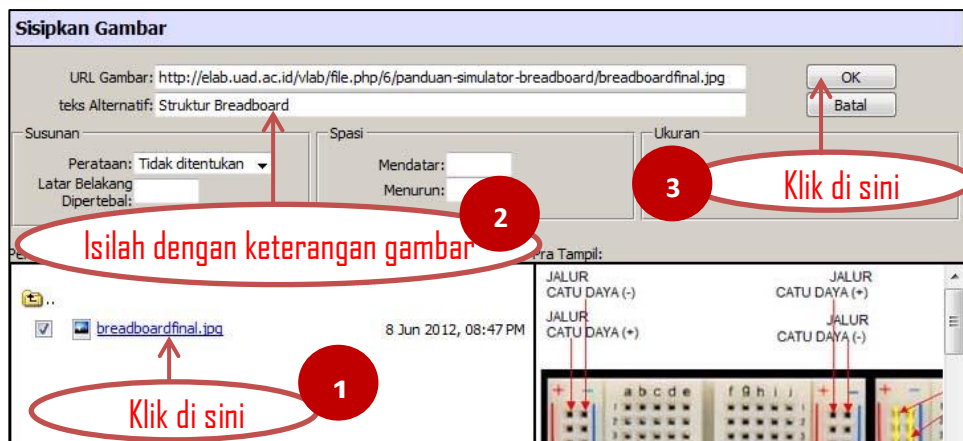
Gambar 32. Halaman Edit Materi Berbentuk Web

- c. Penyisipan gambar dilakukan dengan cara klik pada ikon **Sisipkan Gambar** dilanjutkan dengan membuat *folder* terlebih dahulu dengan menulis nama *folder* yang akan dibuat diteruskan dengan klik **Buat folder**.



Gambar 33. Pembuatan Folder Pada Penyisipan Gambar

Untuk mengunggah gambar, klik **pada folder yang telah dibuat**, klik **Browse>pilih file gambar>Upload**. Tunggu beberapa saat sampai gambar berhasil diunggah. Setelah gambar berhasil diunggah, klik pada nama file gambar dan isilah **Teks alternatif** dengan keterangan tentang gambar tersebut serta diakhiri dengan klik **OK**.



Gambar 34. Penyisipan Gambar Pada Halaman Web

- d. Untuk mengakhiri pembuatan halaman web, klik **Save and return to course**.

Dosen pengampu dapat memilih model pemasangan materi dalam beberapa pilihan seperti menggunakan *link to file* saja, halaman *web* saja atau keduanya. Materi-materi yang telah dipasang perlu disembunyikan terlebih dahulu dan ditampilkan lagi sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Lakukan pemasangan semua materi yang diperlukan sesuai dengan tabel 4 di atas.

3. Pengaturan *Link* Aktivitas

Selain pemasangan materi, dosen pengampu juga perlu melakukan pengaturan *link* aktivitas pembelajaran pada portal laboratorium virtual seperti pengumpulan tugas pendahuluan, pemberian *pre-test*, kolaborasi praktik *online*, pemberian *post-test* maupun pengumpulan tugas laporan. Daftar *link* aktivitas yang perlu dipasang/diatur dalam portal laboratorium virtual ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Jenis *Link* Akitivitas Praktik *Online* yang Terpasang Pada Portal

Sesi Praktik	Nama Aktivitas	Bentuk
I dan II	Tidak ada <i>link</i> aktivitas <i>online</i>	Tatap muka
III s.d. X	Tugas Pendahuluan dan umpan balik	<i>Online</i> asinkron
	<i>Pre-test</i>	<i>Online</i> sinkron
	Diskusi melalui teks	<i>Online</i> sinkron
	Kegiatan Praktik	<i>Online</i> sinkron
	<i>Post-test</i>	<i>Online</i> sinkron
	Tugas Laporan dan umpan balik	<i>Online</i> asinkron

a. Pengaturan *Link* Tugas Pendahuluan

Tugas pendahuluan dikerjakan oleh mahasiswa sebagai salah satu syarat mengikuti praktik *online*. Pengumpulannya dilakukan dengan mengunggah (*upload*) tugas tersebut dalam bentuk *file word* (DOC) ke portal laboratorium virtual sebelum melaksanakan praktik *online* dan selanjutnya diunduh oleh dosen pengampu atau instruktur untuk dinilai. Dengan demikian dosen pengampu harus melakukan pengaturan *link* aktivitas ini pada setiap sesi praktik *online*. Untuk melakukan pengaturan *link* aktivitas ini ikuti langkah-langkah berikut ini.

- 1) Masuk ke **Praktik Teknik Digital** pada portal laboratorium virtual dan klik pada tombol **Hidupkan Mode Ubah** di pojok kanan atas.

- 2) Pada **Bagan Mingguan** kotak minggu ke-3 klik **Tambah aktivitas>Advanced uploading of files.**
- 3) Setelah masuk ke halaman **Tambah Tugas Baru ke minggu 3**, pada bagian **Umum**, tulis **Nama Tugas** dan **Keterangan** dari tugas tersebut, kira-kira seperti tampilan berikut ini.

Tambah Tugas baru ke minggu 3

Umum

Nama Tugas* Tugas Pendahuluan Ke-1

Keterangan*

Tugas ini dikerjakan mahasiswa sebelum melaksanakan praktek *online* pada setiap sesi, sebagai syarat mengikuti praktek Teknik Digital. Tugas dikumpulkan melalui *upload file* berbentuk *word* ke portal laboratorium virtual 1 hari sebelum praktek dilaksanakan dan paling lambat pukul 20.00. Mahasiswa yang tidak melakukan tugas ini pada suatu sesi, tidak diperbolehkan mengikuti

Gambar 35. Halaman Pengaturan Aktivitas Tugas Pendahuluan

- 4) Atur nilai maksimum tugas ini sebesar 100, tentukan batas waktu awal tugas ini disediakan dan batas akhir pengumpulannya (tanggal dan jam). Dengan mengisi **Ya** pada **Prevent late submissions**, maka mahasiswa tidak diizinkan *upload file* jika waktunya melebihi batas yang telah ditentukan. Selanjutnya, isilah informasi-informasi pengaturan unggah (*upload*) *file* seperti berikut ini.

Nilai 100

Available from 11 June 2012 05:00 ☐ Non-Aktifkan

Tanggal penyelesaian 13 June 2012 06:00 ☐ Non-Aktifkan

Prevent late submissions Ya

Advanced uploading of files

Ukuran terbesar 1Mb

Allow deleting ☐ Tidak

Maximum number of uploaded files 1

Allow notes ☐ Tidak

Hide description before available date ☐ Tidak

Email alerts to teachers ☐ Tidak

Enable Send for marking ☐ Tidak

Pengaturan waktu awal penyediaan tugas dan batas akhir penyerahannya

Gambar 36. Antarmuka Pengaturan Unggah *File* Tugas Pendahuluan

- 5) Untuk mengakhiri pengaturan ini klik *Save and return to course*. Jika diinginkan perbaikan klik pada *link* dan **Perbaharui Tugas ini**.
- 6) Lakukan pengaturan aktivitas ini pada setiap sesi praktik yang ada. Untuk sesi praktik ke-1 beri nama aktivitasnya dengan tugas Pendahuluan Ke-1, untuk sesi praktik ke-2 dengan Tugas Pendahuluan Ke-2 dan seterusnya.

b. Pengaturan *Link Pre-test*

Praktik ini menyediakan *pre-test* yang diberikan dalam durasi 20 menit pada setiap sesi yang tersedia, sebelum kegiatan praktik dilaksanakan. *Pre-test* diberikan secara *online* sinkron di bawah pengawasan instruktur melalui fasilitas *video conference* pada waktu yang telah ditentukan sebelum praktik. Dosen pengampu perlu melakukan pemasangan soal-soal *pre-test* ini ke dalam portal laboratorium virtual. Sebelum melakukan pengaturan *pre-test*, dosen pengampu perlu membuat **bank soal** terlebih dahulu.

1) Pembuatan Bank Soal Pilihan Berganda

Sebelum membuat *bank soal* pada laboratorium virtual, dosen pengampu menyiapkan terlebih dahulu soal pilihan ganda sejumlah yang diperlukan misalnya 80 butir dengan opsi jawaban masing-masing soal sebanyak lima buah serta kunci jawabannya. Untuk membuat *bank soal* pilihan berganda, ikuti langkah-langkah berikut.

- a) Masuk ke **Bagan mingguan**, klik pada *link* **Pertanyaan**



Gambar 37. *Link* Untuk Masuk Ke Penulisan Soal

- b) Buat terlebih dahulu kategori soal dengan nama **Soal Teknik Digital**. Dari halaman **Question bank**, klik **Kategori** diteruskan dengan memilih **Parent** dengan **Atas** dan mengisi **Nama** kategori dengan **Soal Teknik Digital** serta dilanjutkan dengan klik **Add Category**.

Gambar 38. Halaman Untuk Menambah Kategori Bank Soal

- c) Untuk menyusun soal, klik **Pertanyaan** sehingga tampil halaman **Question bank**. Dari halaman ini pilih jenis soal yang akan dibuat dengan klik **Pilih>Pilihan Ganda** pada opsi **Buat pertanyaan baru**.

Gambar 39. Link Untuk Memilih Jenis Soal

- d) Untuk menulis soal nomor 1, pilih kategori dengan **Soal Teknik Digital**. Selanjutnya tulis **Nama pertanyaan** yang akan dibuat, misalnya **Soal Nomor 1**, dan tulis pertanyaannya misalnya “Gerbang yang

memberikan output tinggi jika dan hanya jika semua inputnya tinggi disebut:”.

Gambar 40. Halaman Untuk Menulis Soal Pilihan Ganda

- e) Selanjutnya jawablah pertanyaan **One or multiple answers** dengan jawaban **One answer only**, pertanyaan **Shuffle the choices** dengan diberi **tanda cek** dan pertanyaan **Number the choices** dengan **No numbering**.
- f) Oleh karena jenis soalnya pilihan berganda, maka dosen pengampu harus menyiapkan opsi jawabannya sebanyak lima buah, dan menentukan pilihan jawaban yang tepat. Misal untuk pertanyaan tersebut, opsi jawabannya adalah: (a) NOT, (b) OR, (c). AND, (d) NAND, dan (e) NOR dengan (c) atau AND sebagai pilihan jawaban yang tepat. Isikan pada **Nilai pertanyaan default** dengan nilai 1 dan **Penalty factor** dengan nilai 0. Selanjutnya untuk setiap opsi jawaban lakukan pengaturan dengan nilai-nilai seperti tabel berikut ini.

Tabel 6. Pengaturan Opsi Jawaban Pada *Bank Soal*

No.	Opsi	Pengaturan Jawaban
1	Choice 1	Jawab NOT Nilai Tidak ada ▾
2	Choice 2	Jawab OR Nilai Tidak ada ▾
3	Choice 2	Jawab AND Nilai 100 % ▾
4	Choice 2	Jawab NAND Nilai Tidak ada ▾
5	Choice 2	Jawab NOR Nilai Tidak ada ▾

- g) Lakukan langkah-langkah serupa untuk semua soal yang tersedia.

2) Pembuatan *Link Pre-Test*

Soal-soal yang telah terhimpun dalam *bank* soal tersebut nantinya dapat diambil untuk dipasang pada halaman *web pre-test*. Untuk memasangnya, perlu disiapkan terlebih dahulu *link pre-test* yang akan menghubungkan pengguna dengan halaman *web pre-test*. Lakukan langkah-langkah berikut ini untuk membuat *link pre-test*.

- Masuk ke **Bagan Mingguan**, klik pada **Hidupkan Mode Ubah** dan pilih sesi yang diinginkan, misalnya sesi ke-3 (minggu ke-3). Sesi ini menyediakan aktivitas praktik ke-1.
- Klik pada **Tambahkan aktivitas>Kuis**, diteruskan dengan mengisi nama *link* dan keterangan seperti berikut ini.

Gambar 41. Halaman Untuk Pengisian Nama *Link Pre-Test*

- Lakukan pengaturan waktu *pre-test*. Agar pelaksanaannya fleksibel, non aktifkan waktu awal dan akhir *pre-test*. Isilah **Time limit** dengan data 20 menit. Jangan hiraukan tanggal dan jam *pre-test* dimulai dan diakhiri.

Gambar 42. Antarmuka Pengaturan Waktu *Pre-Test*

- Lakukan pengaturan tampilan pertanyaan dan jumlah kesempatan mahasiswa dalam menjawab setiap *pre-test* yang diberikan seperti berikut ini.

Tampilkan

Questions per page

Kocok pertanyaan

Shuffle within questions

kali percobaan menjawab

Percobaan menjawab diperbolehkan

Tiap percobaan dibangun pada saat terakhir

Adaptive mode

Gambar 43. Pengaturan Tampilan Pertanyaan dan Kesempatan Menjawab

- e) Lakukan pengaturan **Metode Penilaian** khususnya pada **Apply penalties**, dan respons sistem setelah pengguna menjawab tes menggunakan nilai-nilai berikut ini.

Grades

Metode penilaian

Apply penalties

Decimal digits in grades

Review options

Immediately after the attempt	Later, while the quiz is still open	After the quiz is closed
<input type="checkbox"/> Responses	<input type="checkbox"/> Responses	<input type="checkbox"/> Responses
<input type="checkbox"/> Answers	<input type="checkbox"/> Answers	<input type="checkbox"/> Answers
<input type="checkbox"/> Saran	<input type="checkbox"/> Saran	<input type="checkbox"/> Saran
<input type="checkbox"/> General feedback	<input type="checkbox"/> General feedback	<input type="checkbox"/> General feedback
<input checked="" type="checkbox"/> Scores	<input checked="" type="checkbox"/> Scores	<input checked="" type="checkbox"/> Scores
<input type="checkbox"/> Overall feedback	<input type="checkbox"/> Overall feedback	<input type="checkbox"/> Overall feedback

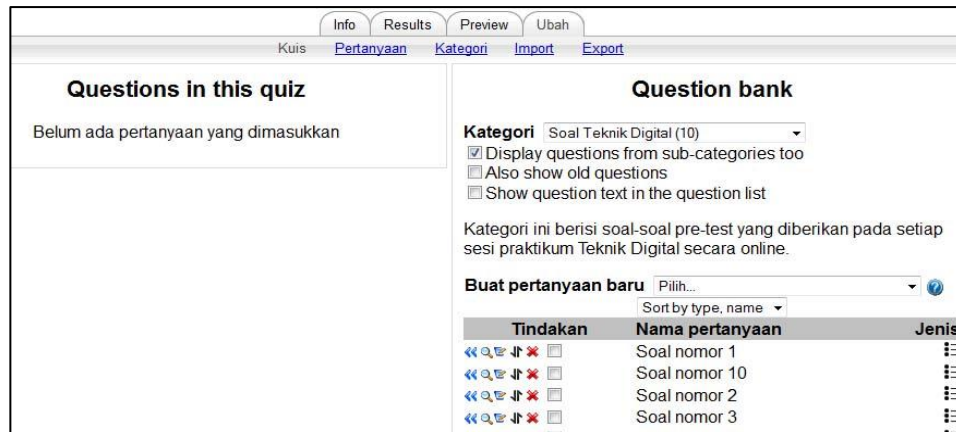
Gambar 44. Pengaturan Metode Penilaian *Pre-Test* dan Respons Sistem

- f) Akhiri langkah ini dengan klik pada **Save and return to course**.

3) Pemasangan Butir-butir Soal ke Halaman Web *Pre-Test*

Agar *link pre-test* dapat menyediakan halaman *web* yang berisi soal-soal yang akan diberikan kepada mahasiswa, dosen pengampu perlu memilih dan memasukkan soal-soal yang ada dalam *bank* soal ke dalam halaman *web pre-test*. Untuk itu, lakukan langkah-langkah berikut ini.

- a) Masuk ke halaman **Bagan mingguan**, klik pada *link Pre-Test Ke-1* yang telah dibuat, menuju ke halaman seperti berikut ini



Gambar 45. Halaman Untuk Pemilihan dan Pemasangan Soal-soal *Pre-Test*

- b) Pada kolom **Tindakan** berikan tanda \checkmark terhadap soal-soal yang akan dimasukkan sebagai *pre-test*. Selanjutnya klik **Add to quiz** untuk memindahkan soal-soal terpilih tersebut ke halaman *web pre-test*.



Gambar 46. Antarmuka Untuk Memindahkan Butir-butir Soal *Pre-Test*

- c) Pemasangan soal-soal ke dalam halaman *web pre-test* berhasil jika pada kolom **Questions in this quiz** telah terisi daftar butir-butir soal terpilih. Selanjutnya klik pada **Simpan perubahan**.



Gambar 47. Halaman Pemasangan Butir-butir Soal Kondisi Terakhir

- d) Lakukan pembuatan *link pre-test* untuk semua sesi praktik yang tersedia sesuai tabel 5 di atas.

c. Pengaturan *Link* Diskusi Melalui Teks

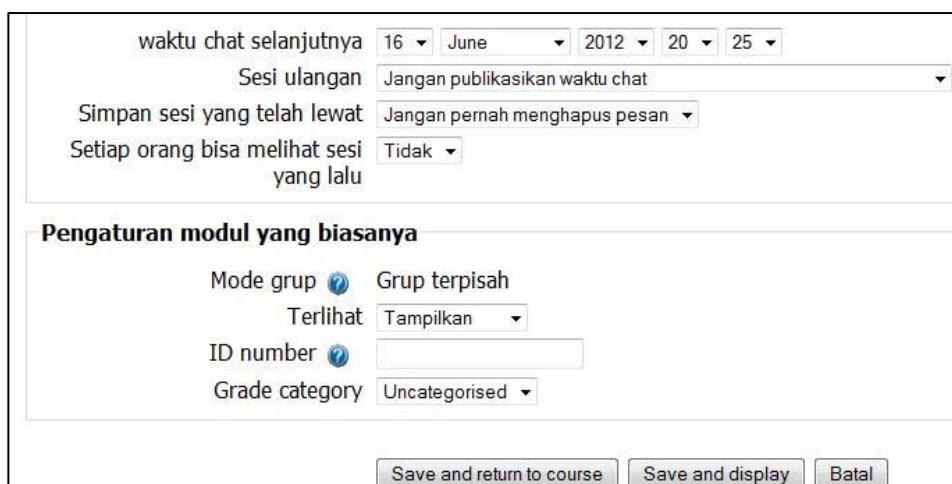
Aktivitas diskusi melalui teks ini digunakan untuk memberi kesempatan kepada mahasiswa saling berdiskusi dalam kelompoknya selama berlangsungnya kegiatan praktik secara *online*. Untuk membuat *link* ini, lakukan langkah-langkah berikut ini.

- 1) Masuk ke halaman **Bagan mingguan** dan klik pada **Hidupkan mode ubah** di pojok kanan atas, dan diteruskan dengan klik pada **Tambah aktivitas>Chat**.
- 2) Tulis nama dari ruang *chat* yang akan dibuat dan lengkapi dengan keterangannya.



Gambar 48. Halaman Untuk Pengisian Nama *Link* Ruang Diskusi

- 3) Pastikan bahwa pengaturan otomatis yang dilakukan sistem menunjukkan nilai-nilai seperti berikut ini.



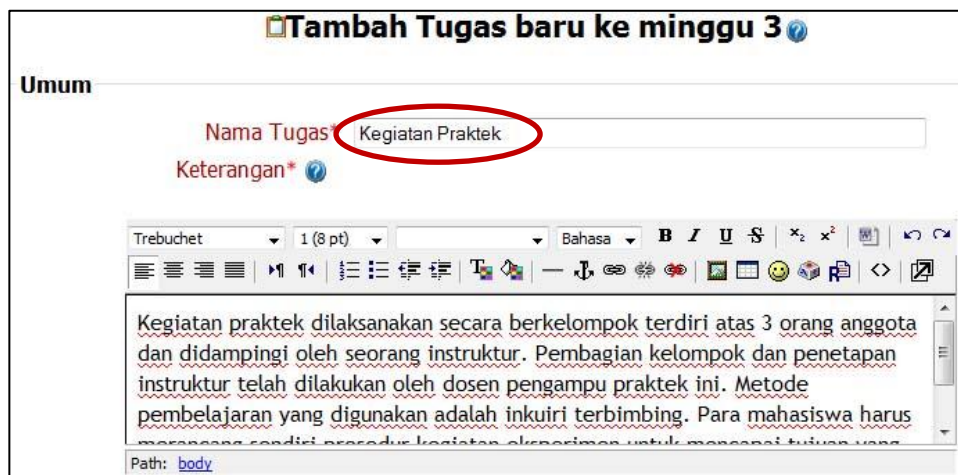
Gambar 49. Nilai-nilai Pengaturan Pada Ruang Diskusi (*Chat*)

- 4) Untuk mengakhiri pengaturan *link* ini, klik pada **Save and return to course**.
- 5) Lakukan pembuatan *link* diskusi ini untuk semua sesi praktik yang ada.

d. Pengaturan *Link* Kegiatan Praktik

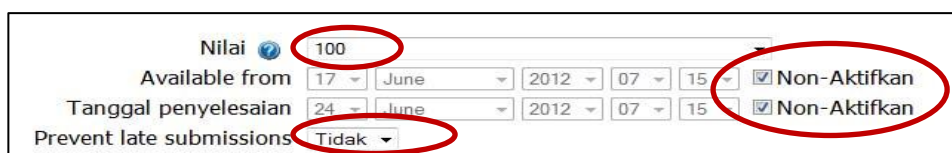
Bagi mahasiswa, *link* ini digunakan untuk masuk ke halaman *web* yang berisi informasi dan prosedur untuk melaksanakan praktik menggunakan simulator secara kolaboratif *online*. Sedangkan bagi dosen pengampu atau instruktur, *link* ini digunakan untuk memasukkan nilai keaktifan mahasiswa dalam menjalankan praktik secara *online*. Keaktifan mahasiswa dipantau melalui pengamatan terhadap kegiatan diskusi teks sesama anggota kelompok praktik maupun pengamatan melalui kamera video jarak jauh oleh instruktur. Untuk membuat *link* ini, lakukan prosedur sebagai berikut.

- 1) Masuk ke halaman **Bagan mingguan**, klik pada tombol **Hidupkan mode ubah**, arahkan kursor ke kotak sesi praktik.
- 2) Dari kotak sesi praktik, klik pada **Tambah aktivitas>Kegiatan offline**. Isilah nama *link* tugas praktik dan keterangannya.



Gambar 50. Halaman Untuk Mengisi Nama *Link* Tugas Praktik

- 3) Isilah **Nilai** dengan angka 100 dan non-aktifkan tanggal mulai dan akhir penyelesaian tugas. Isilah **Prevent late submissions** dengan nilai **Tidak** dan akhiri pengaturan ini dengan klik pada **Save and return to course**.



Gambar 51. Antarmuka Pengaturan Nilai Tugas Praktik

- 4) Lakukan pembuatan *link* kegiatan ini untuk semua sesi praktik yang ada.

e. Pengaturan *Link Post-Test*

Pengaturan *link post-test* prosedurnya sama dengan pengaturan *link pre-test*. Pada prinsipnya pengaturan *link* ini terdiri atas tiga langkah yakni menyiapkan terlebih dahulu butir-butir soal yang akan diberikan dan diteruskan dengan memasukkannya ke dalam *bank* soal, membuat *link* tes dan memindah butir-butir soal yang terpilih ke halaman *web* yang dihubungkan dengan *link post-test*. *Link* ini dipasang pada setiap sesi praktik sesuai tabel 5 di atas. Untuk membuat *link* ini, ikuti prosedur pembuatan *link pre-test* seperti telah diuraikan di atas dengan penyesuaian-penyesuaian untuk *post-test*.

f. Pengaturan *Link Tugas Laporan*

Pengaturan *link* tugas laporan prosedurnya sama dengan pengaturan *link* tugas pendahuluan seperti telah diuraikan di atas. Prinsip pembuatan *link* ini adalah menyediakan fasilitas unggah (*upload*) *file* tugas laporan dari mahasiswa yang dibatasi waktunya. *Link* ini juga menyediakan fasilitas unduh (*download*) *file* tugas dan pemberian nilai oleh dosen pengampu/instruktur. *Link* ini dipasang pada setiap sesi praktik sesuai tabel 5 di atas. Untuk membuat *link* tugas ini, ikuti prosedur pembuatan *link* tugas pendahuluan seperti telah diuraikan di atas dengan penyesuaian-penyesuaian untuk tugas laporan.

g. Pengaturan Bobot dan Tampilan Nilai

Dosen pengampu perlu melakukan pengaturan bobot dan tampilan nilai agar mahasiswa dapat melihat nilai dari setiap aktivitas yang dilakukan. Pengaturan ini dilakukan berdasarkan pada bobot penilaian yang telah ditentukan oleh dosen pengampu seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Bobot Penilaian Praktik Teknik Digital

Unsur Penilaian	Bobot Total	Bobot Per Sesi
Tugas Pendahuluan	16%	2% atau 0,02
Pre-Test	16%	2% atau 0,02
Kegiatan Praktik	24%	3% atau 0,03
Post-Test	16%	2% atau 0,02
Tugas Laporan	28%	3,5% atau 0,035
Total Bobot	100%	12,5% atau 0,0125

Berdasarkan bobot nilai yang telah ditentukan tersebut, lakukan pengaturan seperti berikut ini.

- 1) Masuk ke halaman **Bagan mingguan**, diteruskan dengan klik **Nilai** pada menu **Administrasi**.
- 2) Pada *link* **Grader report**, klik **Choose an action**, diteruskan dengan klik pada **Categories and items** dan **Full view**.
- 3) Melalui halaman *Edit categories and items* lakukan pengaturan nilai dengan memilih agregasi jenis **Weighted Mean of grades** dan mengisi **Course total** dengan nilai 100. Selanjutnya, isilah pada kolom **Weight** bobot dari masing-masing unsur penilaian sesuai dengan tabel 7 di atas.



Nama	Aggregation	Weight	Max grade
Praktikum Teknik Digital	Weighted mean of grades	-	-
Pre-Test Ke-1	-	0,0200	100,00
Post-Test Ke-1	-	0,0200	100,00
Tugas Pendahuluan Ke-1	-	0,0200	100,00
Kegiatan Praktek Ke-1	-	0,0300	100,00
Tugas Laporan Ke-1	-	0,0350	100,00
Course total	-	-	100

Gambar 52. Halaman Pengaturan Agregasi Nilai

Pada pengaturan ini terlihat bahwa komponen nilai yang ada baru terdiri atas komponen pada sesi I yakni Tugas Pendahuluan Ke-1, Kegiatan Praktik Ke-1, Pre-Test Ke-1, Post-Test Ke-1 dan Tugas Laporan Ke-1. Nantinya setelah dosen melibatkan semua komponen penilaian pada setiap sesi praktik, maka jumlah komponen penilaian menjadi delapan kali komponen yang saat ini dibuat, sesuai dengan jumlah sesi yang disediakan yakni delapan buah.

- 4) Lakukan pengaturan yang sama untuk semua komponen penilaian dari sesi praktik ke-1 sampai ke-8.
- 5) Untuk mengatur tampilan nilai pada halaman mahasiswa, klik **Choose an action>Pengaturan kursus**. Isilah semua data pengaturan dengan nilai **default** kecuali **Show percentage** diisi dengan data **Sembunyikan**. Akhiri pengaturan ini dengan klik **Simpan perubahan**.

General settings

Aggregation position ⓘ Default (Last) ▼

Grade item settings

Grade display type ⓘ Default (Real) ▼

Overall decimal points ⓘ Default (2) ▼

Overview report

Show rank ⓘ Default (Sembunyikan) ▼

Hide totals if they contain hidden items ⓘ Default (Sembunyikan) ▼

User report

Show rank ⓘ Default (Sembunyikan) ▼

Show percentage ⓘ Sembunyikan ▼

Show hidden items ⓘ **Default (Only hidden until) ▼**

Hide totals if they contain hidden items ⓘ Default (Sembunyikan) ▼

Gambar 53. Antarmuka Pengaturan Tampilan Nilai Mahasiswa

G. Pengaturan Kelompok Praktik

Dalam kegiatan praktik ini mahasiswa dibagi ke dalam kelompok-kelompok praktik yang beranggotakan 3 orang dan setiap kelompok didampingi oleh seorang instruktur. Pembagian kelompok dilakukan oleh dosen pengampu setelah semua mahasiswa dan instruktur selesai melakukan pendaftaran ke admin portal laboratorium virtual. Untuk melakukan pembagian kelompok, lakukan prosedur berikut ini.

1. Masuk ke **Bagan Mingguan**, klik **Grup** pada menu **Administrasi**.
2. Pada halaman **Praktikum Teknik Digital Grup**, klik tombol **Create Group**, diteruskan dengan mengisi nama kelompok dan keterangannya.

Group name* **Kelompok A**

Group description

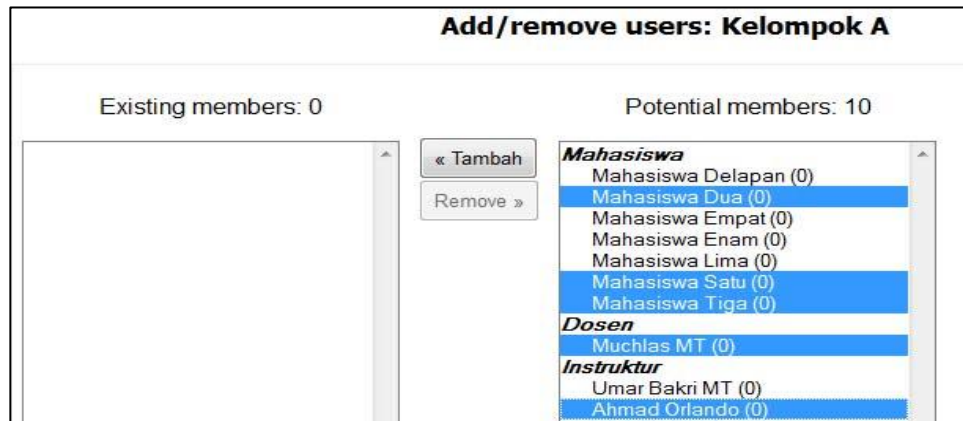
Trebuchet 1 (8 pt) Bahasa **B** **I** **U** **S** x_2 x^2

Kelompok pada praktek Teknik Digital.

Gambar 54. Halaman Untuk Memberi Nama Kelompok

3. Klik **Simpan perubahan**, diteruskan dengan klik **Add/Remove users**. Lakukan pemilihan terhadap anggota kelompok A yang terdiri atas 3 mahasiswa, 1 instruktur dan dosen pengampu dengan klik **mouse kiri+Ctrl**.

Perlu diperhatikan di sini bahwa **dosen pengampu harus dimasukkan** sebagai anggota tiap kelompok, dan diteruskan dengan klik **Tambah**.



Gambar 55. Halaman Untuk Memasukkan Anggota Kelompok

4. Pembuatan kelompok praktik telah berhasil jika muncul tampilan halaman seperti berikut ini.



Gambar 56. Halaman Untuk Menunjukkan Pembuatan Kelompok Telah Selesai

5. Klik **Back to groups** dan lakukan cara yang sama untuk semua kelompok yang ada.

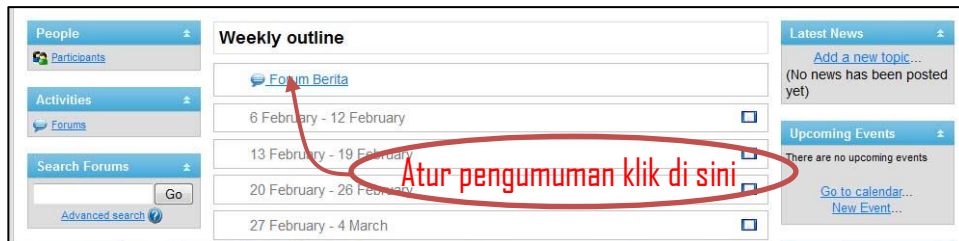
H. Pengaturan Papan Pengumuman Online

Setelah pemasangan *link* materi dan aktivitas serta pembentukan kelompok praktik selesai dilakukan, dosen pengampu perlu melakukan pengaturan kelengkapan papan pengumuman. Melalui kelengkapan ini, dosen dapat menulis pengumuman yang dapat disebarkan melalui pesan individual dan akan diterima oleh peserta praktik pada virtual *desk* mereka.

Isi pengumuman *online* pertama yang perlu dibuat adalah informasi tentang jadwal kegiatan pelatihan penggunaan simulator *breadboard* dan

pelatihan praktik *online* serta cara memperoleh panduannya. Untuk panduan simulator *breadboard*, materinya disediakan dalam bentuk halaman *web* maupun *file* PDF, sedangkan pelatihan praktik *online* dalam bentuk *hardcopy* dan PDF. Pengaturan pengumuman dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Klik pada **Forum Berita**



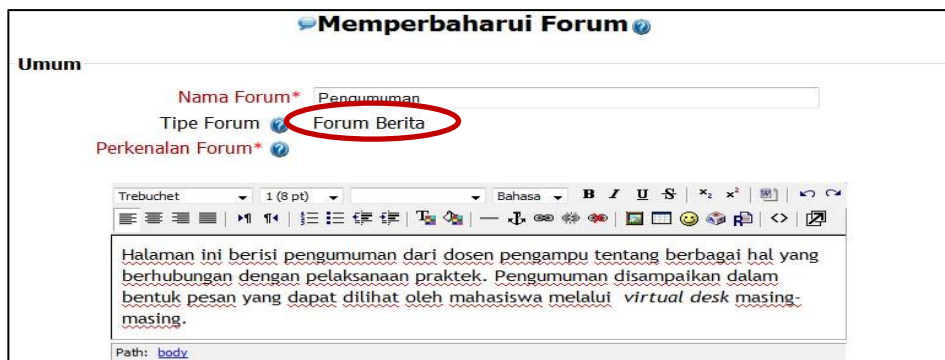
Gambar 57. *Link* Untuk Pengaturan Pengumuman

2. Klik **Perbaharui Forum ini**



Gambar 58. *Link* Untuk Masuk ke Pembaharuan Pengumuman

3. Gantilah **Nama Forum** yang semula berisi **Forum Berita** dengan **Pengumuman**, dan **Perkenalan Forum** dengan kalimat seperti berikut ini.



Gambar 59. Halaman Pembaharuan Pengumuman

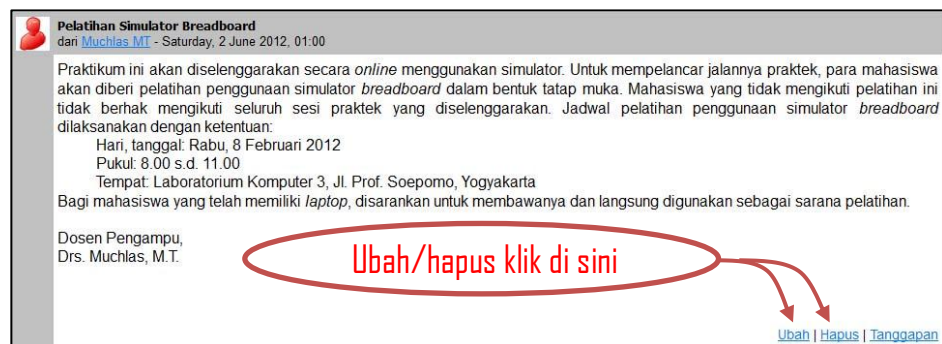
4. Akhiri dengan klik *Save and return to course*.

5. Untuk membuat dan mengirim pengumuman klik **Pengumuman** diteruskan klik **Tambah topik baru**, selanjutnya tulis isinya. Klik **Post to forum** untuk mengirim pengumuman tersebut kepada para mahasiswa.
6. Jika diinginkan untuk memperbaiki atau menghapus pengumuman, dari halaman **Bagan Mingguan** masuk terlebih dahulu ke halaman pengumuman, dilanjutkan dengan klik pada subjek pengumuman yang akan diperbaiki.



Gambar 60. *Link Untuk Masuk ke Halaman Edit Pengumuman*

7. Klik pada **Ubah** untuk memperbaiki pengumuman atau klik pada **Hapus** untuk menghapusnya.



Gambar 61. *Link Untuk Edit Pengumuman*

8. Jika ingin menghapus pengumuman, setelah klik **Hapus**, klik **Ya** untuk menjawab pertanyaan: **Anda yakin ingin menghapus posting ini?**
9. Apabila diinginkan memperbaiki pengumuman, klik **Ubah**, lakukan perubahan yang diinginkan, dan akhiri dengan klik **Simpan perubahan**.

I. Kuliah Cara Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Kegiatan ini diikuti oleh peserta praktik yang telah terdaftar di portal laboratorium virtual dan bertujuan meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam menggunakan program simulator *breadboard*. Panduannya tersedia dalam bentuk

halaman *web* yang dapat diakses secara *online* dan *file* PDF yang dapat diunduh. Kegiatan dosen yang penting dalam kuliah ini adalah: (1) meminta kepada mahasiswa untuk mengunduh penginstal (*installer*) program pendukung yakni *Java Runtime Environment* (JRE) dan program simulator *breadboard*, (2) melatih mahasiswa dalam memasang program pendukung sebagai persyaratan operasi berjalannya simulator *breadboard* yakni program JRE, dan (2) melatih mahasiswa dalam menggunakan simulator *breadboard*.

Kuliah tentang simulator ini dilaksanakan dengan cara tatap muka pada sesi pertama dari seluruh sesi kegiatan praktik. Dosen pengampu perlu menyiapkan ruangan dan sarana serta media pembelajaran khususnya komputer yang terjaring ke internet. Ketersediaan koneksi internet diperlukan karena dalam kuliah ini penginstal (*installer*) program pendukung harus diunduh dari server pada jaringan internet. Dalam melaksanakan kegiatan ini, dosen dapat dibantu oleh para instruktur yang telah diminta untuk mempelajari penggunaan simulator sebelum kuliah dilaksanakan.

J. Kuliah Pembelajaran Praktik *Online*

Tujuan kuliah ini adalah: (1) memberikan orientasi kepada mahasiswa agar terbiasa menggunakan portal laboratorium virtual, dan (2) meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam menggunakan kelengkapan-kelengkapan praktik secara *online*. Selain dalam bentuk *hardcopy*, panduan/bahan kuliah juga tersedia dalam bentuk PDF yang dapat diunduh oleh mahasiswa dan instruktur.

Seperti halnya kuliah penggunaan *breadboard*, kuliah ini dilaksanakan secara tatap muka pada minggu ke-2 dari keseluruhan sesi yang ada menggunakan prasarana kelas/laboratorium *real* dengan media komputer yang tersambung ke jaringan internet. Dalam kegiatan ini dosen dapat dibantu para instruktur dalam menjalankan tugasnya. Beberapa kegiatan dosen yang penting dalam kuliah ini adalah: (1) mengenalkan garis besar aktivitas mahasiswa dalam praktik *online* (lihat tabel aktivitas pada panduan untuk mahasiswa), (2) meminta kepada mahasiswa melakukan instalasi program pendukung pada komputer lokal yang digunakan, (3) memberikan simulasi kerja kolaborasi praktik *online*.

K. Pengumpulan dan Penilaian Tugas Pendahuluan

Pada setiap sesi, sebelum praktik dilaksanakan, dosen memberi tugas pendahuluan kepada mahasiswa. Materi tugas disampaikan kepada mahasiswa satu minggu sebelum pelaksanaan praktik. Pengumpulan tugas dilakukan secara *online* dengan mengunggah (*upload*) *file* tugas dalam bentuk DOC ke portal laboratorium virtual paling lambat dua hari sebelum praktik dilaksanakan.

Dalam kegiatan ini tugas dosen yang penting adalah: (1) meminta kepada mahasiswa mengunduh *file* panduan praktik yang berisi tugas pendahuluan, satu minggu sebelum suatu sesi praktik dilaksanakan, (2) meminta kepada instruktur untuk mendampingi mahasiswa anggota kelompok yang dibimbingnya baik secara tatap muka maupun *online* dalam mempersiapkan desain percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang diperlukan, mengingat praktik ini menggunakan metode inkuiri terbimbing yang mengharuskan mahasiswa merancang sendiri kedua hal tersebut, (3) meminta kepada mahasiswa untuk melakukan *upload file* tugas pendahuluan ke portal laboratorium virtual sesuai jadwal, dan (4) meminta instruktur untuk mengunduh tugas pendahuluan, memeriksanya dan memberikan umpan balik kepada mahasiswa.

Perlu diperhatikan oleh dosen pengampu bahwa keberhasilan mahasiswa dalam melaksanakan praktik sangat tergantung pada kemampuannya merancang desain percobaan yang akan dilaksanakan dan menyiapkan tabel-tabel pengamatan yang akan digunakan. Oleh sebab itu, dosen pengampu/instruktur perlu memberikan umpan balik terhadap kedua hal tersebut melalui komunikasi secara tatap muka maupun *online* yang telah disediakan sehingga sebelum praktik dilaksanakan, mahasiswa telah memiliki desain percobaan dan tabel-tabel yang diperlukan secara benar.

Dua hari menjelang pelaksanaan praktik, dosen pengampu meminta instruktur mengunduh *file* tugas mahasiswa yang didampinginya untuk diperiksa dan dinilai. Setelah batas waktu akhir *upload* tugas pendahuluan terlampaui, dosen perlu melakukan **pengaturan ulang terhadap batas** tersebut untuk memberi kesempatan kepada mahasiswa agar dapat *upload* kembali tugas pendahuluan yang telah diperbaiki.

Selanjutnya, dosen meminta instruktur untuk memasukkan nilai tersebut ke portal laboratorium virtual dan memberi umpan balik terhadap tugas yang diperiksanya. Dosen dapat melihat tugas yang dikirim mahasiswa dan hasil penilaian instruktur dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. *Login* sebagai dosen ke portal laboratorium virtual, pilih praktik yang sesuai.
2. Dari halaman **Bagan Mingguan**, klik *link Pengumpulan Tugas Pendahuluan Ke-1*, diteruskan dengan klik **Lihat pengiriman tugas**.



Gambar 62. *Link Untuk Unduh Tugas Mahasiswa*

3. Untuk melihat tugas mahasiswa, lakukan *download file* tugas dengan klik pada *link file word*, dalam hal ini nama *file* itu adalah **Tugas-Pendahuluan-1.DOC**. Oleh karena pemasukan nilai dilakukan oleh instruktur, maka prosedurnya dijelaskan pada panduan instruktur.

Grup terpisah Semua peserta

Nama Depan : Semua A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Nama akhir : Semua A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

	Nama Depan / Nama akhir ↓ ↑	Nilai ↑	Comment ↑	Terakhir diperbaharui (Student) ↑
	Mahasiswa Delapan	90 / 100	Tugas ...	 Tugas-Pendahuluan-1.doc Wednesday, 4 July 2012, 12:09
	Mahasiswa Dua	85 / 100	Tugas ...	 Tugas-Pendahuluan-1.doc Wednesday, 4 July 2012, 12:04
	Mahasiswa Empat	82 / 100	Tugas ...	 Tugas-Pendahuluan-1.doc Wednesday, 4 July 2012, 12:06
	Mahasiswa Enam	70 / 100	Tugas ...	 Tugas-Pendahuluan-1.doc Wednesday, 4 July 2012, 12:07
	Mahasiswa Lima	80 / 100	Tugas ...	 Tugas-Pendahuluan-1.doc

Gambar 63. Halaman Untuk Melihat Tugas Pendahuluan dan Nilainya

L. Pemberian *Pre-Test*

Pre-test diberikan secara *online* pada setiap awal pelaksanaan praktik. Setiap mahasiswa yang mengerjakan tes ini dipantau secara *online* oleh instruktur yang mendampinginya melalui tayangan *live video*. Jika berkeinginan ikut memantau jalannya *pre-test*, dosen harus bergabung dalam *online meeting* yang diselenggarakan oleh instruktur. Lakukan **Join Meeting** melalui langkah-langkah sebagai berikut.

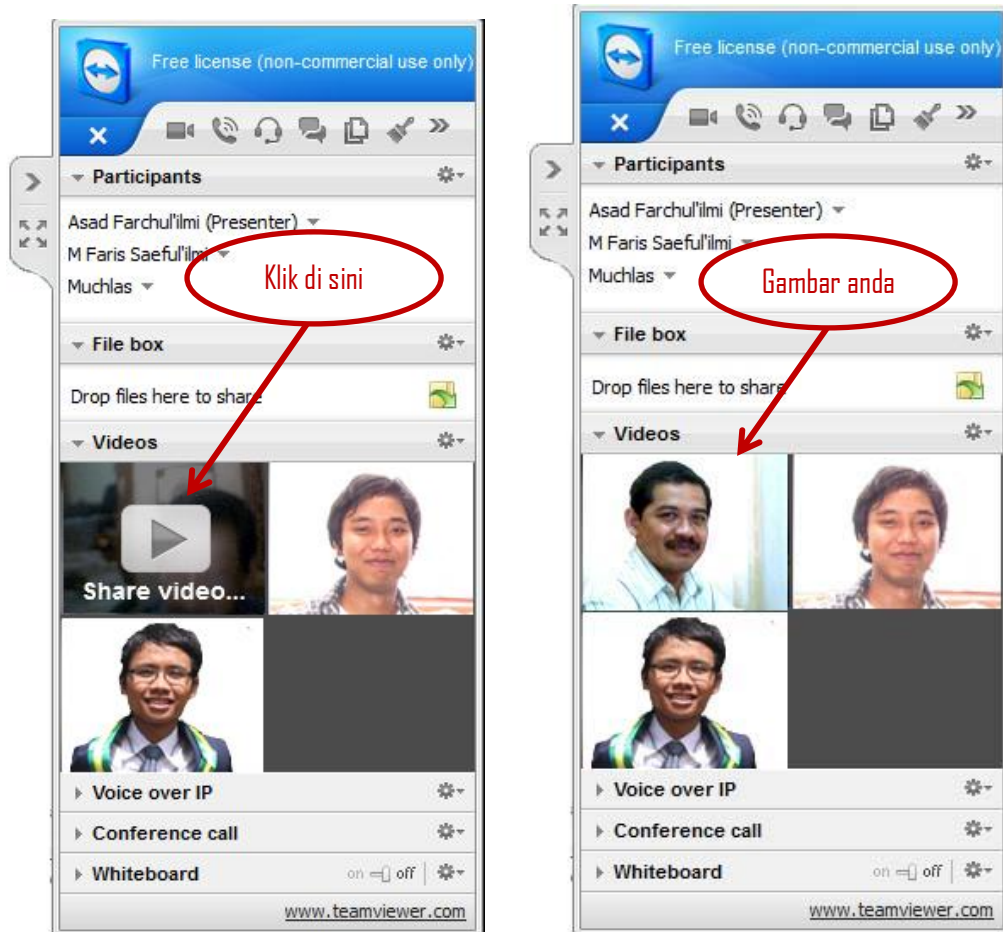
1. *Login* sebagai dosen ke portal laboratorium virtual
2. Dari **Bagan Mingguan**, klik *link Diskusi Antar Anggota Kelompok Praktik* pada sesi yang sesuai, diteruskan dengan klik pada *link Klik di sini untuk chat sekarang*.
3. Melalui jendela *chatting*, mintalah **meeting ID** kepada instruktur dari kelompok yang akan anda pantau, jalankan aplikasi TeamViewer dan pilihlah Menu **Meeting (langkah 1)**
4. Masukkan **meeting ID** (langkah 2) yang anda peroleh dari instruktur, tuliskan **nama anda** (langkah 3) pada tempat yang tersedia, dan klik pada **Join Meeting (langkah 4)**.



Gambar 64. *Join Meeting* Melalui Jendela TeamViewer

5. Tunggu, sesaat kemudian komputer anda akan menampilkan panel TeamViewer. Melalui panel ini anda dapat memantau video aktivitas

mahasiswa dalam melakukan *pre-test*. Jika menginginkan video anda dapat dilihat oleh anggota kelompok dan instruktur, klik **Share video**.



Gambar 65. Panel TeamViewer

6. Dengan prosedur yang sama, anda dapat melakukan pemantauan *pre-test* terhadap kelompok-kelompok yang lain.

Nilai *pre-test* diberikan secara otomatis oleh sistem pada portal laboratorium virtual setelah mahasiswa selesai mengerjakan tes tersebut dan dosen pengampu dapat melihatnya dengan cara sebagai berikut.

1. *Login* sebagai dosen ke portal laboratorium, dan pilih praktik yang sesuai.
2. Dari **Bagan Mingguan**, klik *link Pre-Test Ke-1* diteruskan klik **Results**.

		Nama Depan / Nama akhir	Started on	Selesai	Time taken	Grade/100	#1	#2	#3	#4	#5	#
<input type="checkbox"/>		Mahasiswa Empat	4 July 2012, 20:37	4 July 2012, 20:37	37 detik	30	0/10	0/10	10/10	0/10	10/10	0/10
<input type="checkbox"/>		Mahasiswa Lima	4 July 2012, 20:38	4 July 2012, 20:38	25 detik	10	0/10	0/10	10/10	0/10	0/10	0/10
<input type="checkbox"/>		Mahasiswa Enam	4 July 2012, 20:39	4 July 2012, 20:39	41 detik	40	10/10	10/10	10/10	0/10	10/10	0/10
<input type="checkbox"/>		Mahasiswa	4 July 2012, 20:40	4 July 2012, 20:40	40 detik	70	10/10	0/10	0/10	10/10	10/10	10/10

Gambar 66. Halaman Untuk Melihat Nilai *Pre-Test*

M. Pembimbingan dan Penilaian Aktivitas Praktik

Pembimbingan praktik dilaksanakan oleh instruktur secara *online*. Tugas dosen dalam kegiatan ini adalah: (1) memantau jalannya praktik pada setiap kelompok melalui dialog dengan mahasiswa dan instruktur secara *online* menggunakan fasilitas *chatting* yang telah disediakan yakni *link* Diskusi Antar Anggota Kelompok maupun fasilitas pada TeamViewer, (2) meminta instruktur untuk melakukan pembimbingan dan observasi terhadap aktivitas mahasiswa dalam kelompok yang dibimbingnya secara *online*, dan (3) meminta instruktur untuk memasukkan nilai aktivitas setiap mahasiswa yang dibimbingnya ke dalam portal laboratorium virtual.

Untuk memantau jalannya praktik *online* melalui *chatting*, lakukan langkah berikut ini:

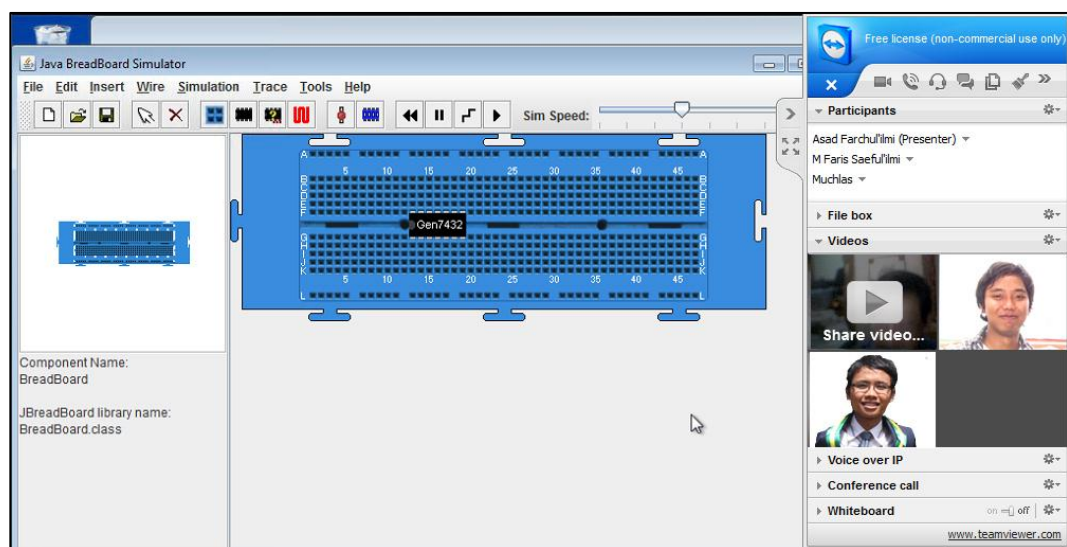
1. *Login* sebagai dosen ke portal laboratorium virtual
2. Dari **Bagan Mingguan**, klik *link* **Diskusi Antar Anggota Kelompok Praktik** pada sesi yang sesuai, diteruskan dengan klik pada *link* **Klik di sini untuk chat sekarang**.

Melalui jendela *chatting* ini anda dapat melakukan pemantauan aktivitas diskusi selama praktik berlangsung untuk seluruh peserta praktik.

Untuk melihat aktivitas mahasiswa dalam melakukan kegiatan kolaborasi praktik *online*, anda harus bergabung dalam *online meeting* yang diselenggarakan instruktur. Ikuti langkah-langkah berikut ini.

1. Lakukan **Join meeting** dengan prosedur yang sama seperti pada pemantauan *pre-test* di atas.

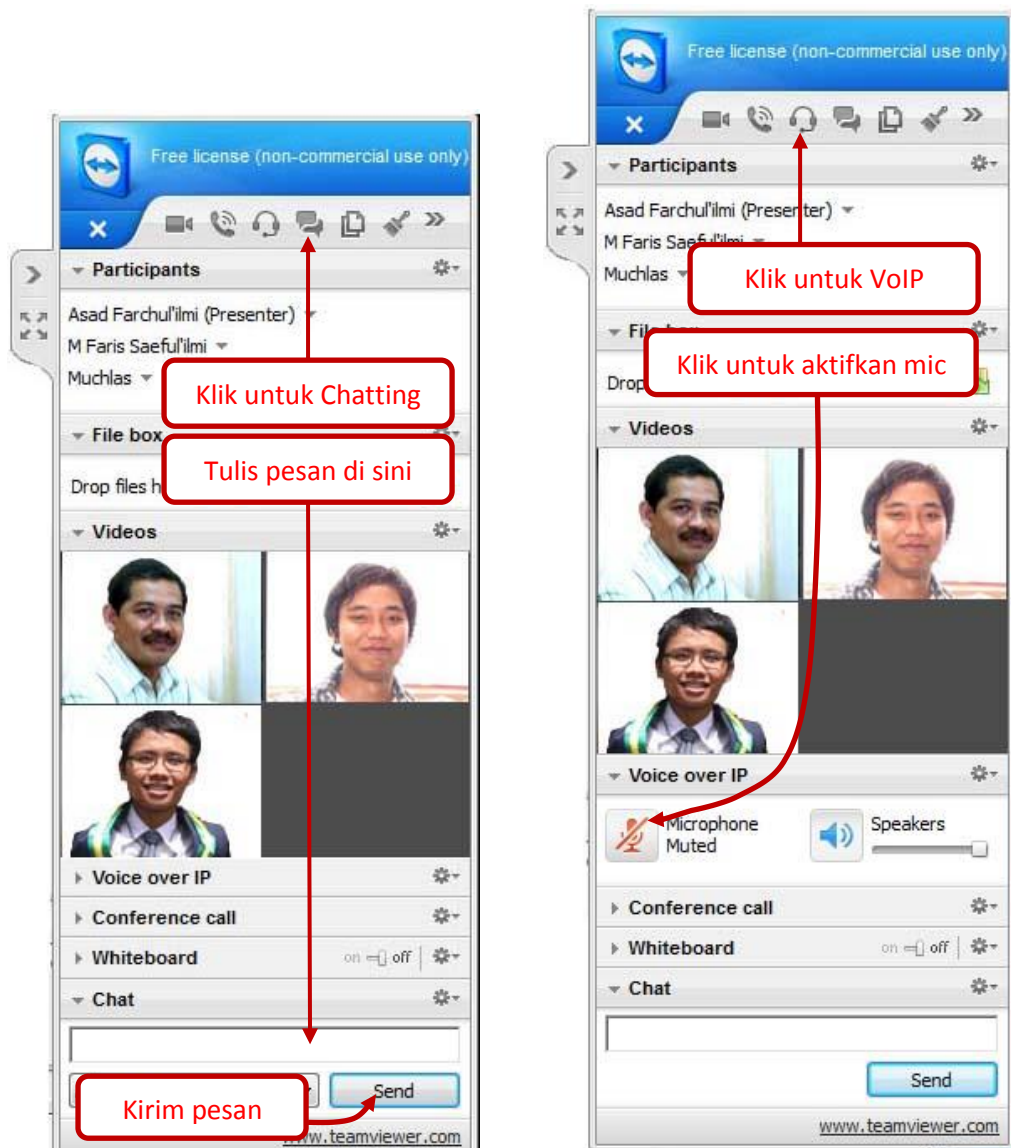
2. Sesaat setelah *join meeting*, komputer anda akan menampilkan *desktop* instruktur yang mengandung simulator. Anda langsung dapat memantau aktivitas anggota kelompok praktik dalam melakukan kegiatan kolaborasi praktik *online* dengan mengamati simulator yang ditampilkan pada *desktop* instruktur tersebut. Simulator itu keadaannya akan dinamis, sesuai dengan situasi kerja kolaborasi kelompok yang sedang berlangsung. Anda juga dapat melakukan *remote access* terhadap simulator yang ditampilkan pada *desktop* itu untuk memberikan bantuan langsung pada kelompok yang sedang praktik, jika diperlukan, misalnya dengan langsung ikut merangkai pada *breadboard*.



Gambar 67. Desktop Instruktur yang Dapat Diakses Secara *Remote*

3. Selain melalui tayangan simulator pada *desktop* instruktur, anda juga dapat memantau kegiatan anggota kelompok praktik melalui tayangan video. Secara otomatis, jika setiap anggota kelompok praktik dan instruktur melakukan **share video**, video-video itu akan ditayangkan pada jendela-jendela kecil. Jika anda memiliki kamera yang tersambung dengan komputer dan menginginkan dapat dilihat oleh anggota kelompok praktik dan instruktur, klik **Share Video**.
4. Selain melalui portal laboratorium virtual, kegiatan interaksi antar anggota kelompok, instruktur dan dosen juga dapat dilakukan melalui fasilitas komunikasi yang dimiliki program TeamViewer. Untuk melakukan *chatting*, klik ikon **Chat**, tulis pesan dan akhiri dengan klik **Send**. Anda juga dapat

melakukan komunikasi melalui *video conference* dengan menggabungkan antara tayangan video dengan fasilitas *voice over IP*.

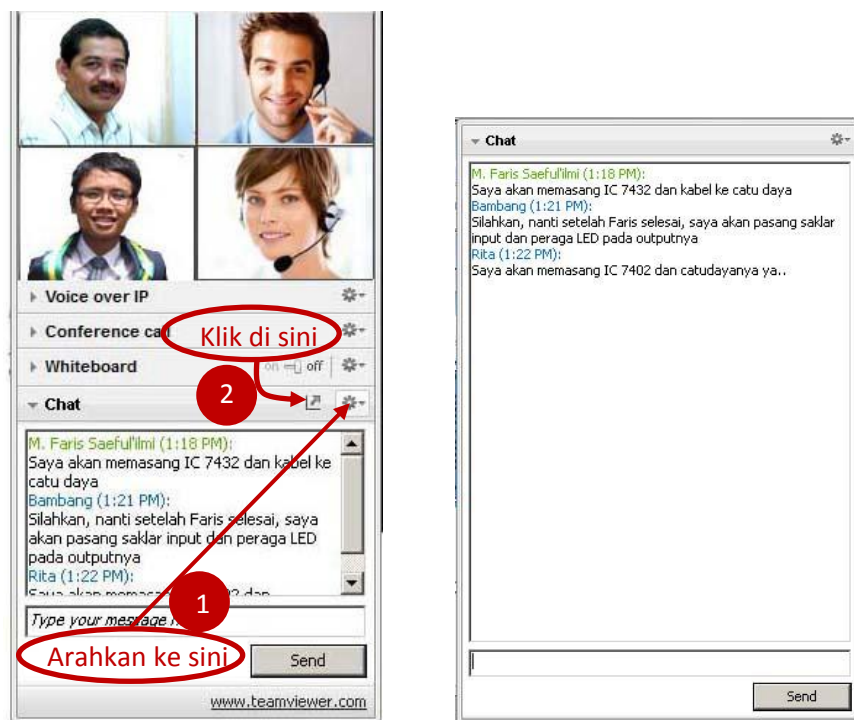


Gambar 68. Pengaturan Fasilitas *Chatting* dan VoIP Pada Panel TeamViewer

5. Agar dapat melakukan *video conference* dengan instruktur maupun para anggota kelompok praktik, aktifkan terlebih dahulu *mic* pada aplikasi VoIP dengan klik pada ikon bergambar *headset*, dan diteruskan klik pada gambar *mic* yang disilang sehingga menghasilkan gambar *mic* tanpa silang.
6. Instruktur telah mengatur agar setiap mahasiswa yang akan melakukan langkah-langkah praktik diharuskan memberitahukan terlebih dahulu lewat pesan yang dikirim melalui ruang *chatting* pada panel TeamViewer, tentang

langkah-langkah yang akan dikerjakan tersebut. Dengan demikian, dosen dapat memantau keaktifan setiap mahasiswa dengan melihat hubungan antara rencana langkah-langkah yang disampaikan melalui pesan di ruang *chatting* dengan perubahan-perubahan pada papan *breadboard* sebagai hasil dari langkah-langkah yang direncanakan mahasiswa.

7. Agar pemantauan dapat mudah dilakukan, munculkan jendela ruang *chatting* dengan cara arahkan kursor ke tombol **Options** dan jika muncul tanda panah, klik pada tanda panah tersebut.



Gambar 69. Pengaturan Tayangan Ruang *Chatting* Pada Panel *TeamViewer*





Penilaian aktivitas anggota kelompok dalam melakukan kegiatan praktik dilakukan oleh instruktur. Setelah instruktur memasukkan nilai aktivitas mahasiswa ke dalam portal laboratorium virtual, dosen pengampu dapat melihat nilai tersebut dengan cara sebagai berikut.

1. *Login* sebagai dosen ke portal laboratorium virtual, pilih praktik yang sesuai.
2. Dari halaman **Bagan Mingguan**, klik *link Kegiatan Praktik*, dan diteruskan dengan klik pada *link Lihat pengiriman tugas*.



Gambar 70. Link Untuk Masuk ke Halaman Nilai Aktivitas Praktik

3. Halaman daftar nilai aktivitas praktik akan ditayangkan sebagai berikut.

	<u>Nama Depan / Nama akhir</u>	<u>Nilai</u>	<u>Comment</u>
	Mahasiswa Delapan	-	
	Mahasiswa Dua	65 / 100	
	Mahasiswa Empat	75 / 100	
	Mahasiswa Enam	60 / 100	

Gambar 71. Halaman Untuk Melihat Nilai Aktivitas Praktik

N. Pemberian *Post-Test*

Pemberian *post-test* juga dilakukan secara *online* dengan pemantauan seperti pada pemberian *pre-test* melalui *live video* oleh instruktur. Dosen pengampu dapat melihat hasil *post-test* yang telah dikerjakan oleh mahasiswa dengan prosedur seperti melihat nilai *pre-test*.








O. Pemberian Tugas Laporan

Pemberian tugas laporan dilakukan seperti pada pemberian tugas pendahuluan. Setelah melaksanakan praktik, mahasiswa menyusun laporan yang bersifat individual dan selanjutnya dikirim ke portal laboratorium virtual melalui proses *upload* paling lambat satu hari sebelum pelaksanaan sesi praktik berikutnya. Tugas laporan dinilai oleh instruktur dengan prosedur seperti pada penilaian tugas pendahuluan. Prosedur penilaian tugas laporan dijelaskan pada panduan untuk instruktur. Nilai tugas laporan masing-masing mahasiswa pada setiap sesi praktik dapat dilihat oleh dosen pengampu dengan prosedur seperti pada prosedur melihat nilai tugas pendahuluan.

P. Pemantauan Nilai

Untuk melihat nilai keseluruhan kegiatan dari semua peserta praktik, dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. *Login* sebagai dosen ke portal laboratorium virtual, dan pilih jenis praktik yang sesuai.
2. Pada menu Administrasi, klik **Nilai**, maka akan ditampilkan jendela sebagai berikut.

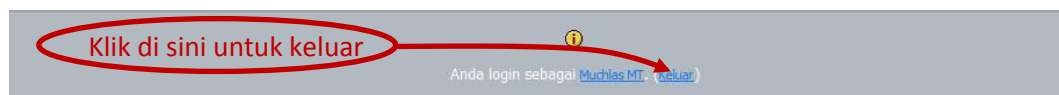
Grader report					
Grup terpisah Semua peserta ▾					
Nama Depan / Nama akhir ↑		Praktikum Teknik Digital			
		Pre-Test Ke-1 ↓	Post-Test Ke-1 ↓	Tugas Pendahuluan Ke-1 ↓	Kegiatan Praktek Ke-1 ↓
	M. Faris Saeful'Ilmi Grades for M. Faris Saeful'Ilmi	70,00	50,00	82,00	75,00
	Mahasiswa Delapan Grades for Mahasiswa Delapan	70,00	60,00	90,00	-
	Mahasiswa Dua Grades for Mahasiswa Dua	60,00	80,00	85,00	65,00
	Rita Enam Grades for Rita Enam	50,00	70,00	70,00	60,00
	Bambang Lima Grades for Bambang Lima	60,00	60,00	80,00	90,00
	Mahasiswa Satu Grades for Mahasiswa Satu	70,00	70,00	80,00	80,00
	Mahasiswa Tiga Grades for Mahasiswa Tiga	80,00	80,00	75,00	65,00
Overall average		65,71	67,14	80,29	72,50

Gambar 72. Halaman Untuk Melihat Nilai Seluruh Kegiatan

3. Untuk melihat nilai setiap mahasiswa klik pada *link* **Grades for** <nama mahasiswa>. Contoh, untuk melihat nilai dari M. Faris Saeful'Ilmi klik pada *link* **Grades for M. Faris Saeful'Ilmi**.

Q. Keluar Portal

Untuk keluar (*logout*) dari portal laboratorium virtual, anda cukup klik *link* **Keluar** yang terdapat di bagian bawah setiap halaman portal.



Gambar 73. *Link* Untuk Keluar Portal Laboratorium Virtual

Akhir Panduan

DAFTAR PUSTAKA

- Adobe. (2012). *Acrobat Help: Install Adobe Reader X in Windows*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://helpx.adobe.com/acrobat/kb/install-reader-x-windows.html>
- Anderson, T. (2008). *The theory and practice of online learning*. Edmonton: AU Press, Athabasca University.
- Bailey, C. & Freeman, M. J. (2010). A Java bread-board simulator: Digital circuit simulation with an open-source toolset. *IADIS International Journal on Computer Science and Information System*, Volume VV, 1, 13-25.
- Sun Microsystems, Inc. (2012). *How do I manually download and install Java for my Windows computer?* Diambil pada 17 Mei 2012 dari http://www.java.com/en/download/help/windows_manual_download.xml
- Freeman, M. 2010. *Getting started with java bread board in windows*. Heslington: Department of Computer Science The University of York.
- Glass, N. *Java breadboard simulator user guide*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://www.cs.binghamton.edu/~sgreene/jbreadboard/guide2.html>.
- Glass, N. *Java breadboard simulator demo circuits*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://www.cs.binghamton.edu/~sgreene/jbreadboard/demo.html>.
- Mason, R. & Rennie, F. (2006). *Elearning: The key concepts*. New York: Routledge.
- Mozilla Foundation. (2012). *Install Firefox on Windows*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://support.mozilla.org/en-US/kb/install-firefox-windows>
- Team Viewer GmbH. (2012). *Team Viewer 7 Manual: Meeting*. Goppingen: TeamViewer GmbH.
- Team Viewer GmbH. (2012). *Team Viewer 7 Manual: Remote Control*. Goppingen: TeamViewer GmbH.



Modul 6

Panduan Pembelajaran *Online* Praktik Teknik Digital di Perguruan Tinggi

Untuk Instruktur

Muchlas

Modul 6

Panduan Pembelajaran *Online*
Praktik Teknik Digital
di Perguruan Tinggi

Untuk Instruktur

Muchlas

KATA PENGANTAR

Panduan ini digunakan untuk membantu instruktur dalam memahami tugas-tugasnya membimbing dan mendampingi mahasiswa pada kegiatan praktik teknik digital secara *online* di lingkungan program studi teknik elektro dan program studi-program studi serumpunnya.

Model pembelajaran praktik *online* yang ada dalam panduan ini menggunakan pendekatan *blended learning* yakni melalui tatap muka sebanyak dua sesi dan kegiatan *online* sebanyak delapan sesi. Kegiatan tatap muka digunakan untuk memberikan pelatihan penggunaan simulator dan pelatihan pembelajaran praktik *online*. Kegiatan praktiknya diselenggarakan dengan pendekatan kolaborasi *online* menggunakan simulator untuk menggantikan alat dan bahan praktik. Sedangkan metode pembelajarannya adalah inkuiri terbimbing. Peserta praktik dibagi dalam kelompok-kelompok masing-masing beranggotakan tiga orang dan setiap kelompok praktik didampingi oleh seorang instruktur. Mengingat tugas instruktur sangat menentukan keberhasilan pelaksanaan kegiatan praktik *online* ini, pemahaman yang komprehensif terhadap pelaksanaan praktik *online* sangat diperlukan.

Dengan berbagai keterbatasannya, panduan ini diharapkan dapat digunakan secara efektif sebagai sarana untuk membantu instruktur dalam mempersiapkan diri sebagai pembimbing dan pendamping mahasiswa pada kegiatan praktik *online*.

Yogyakarta, September 2012
Penyusun,

Muchlas

DAFTAR ISI

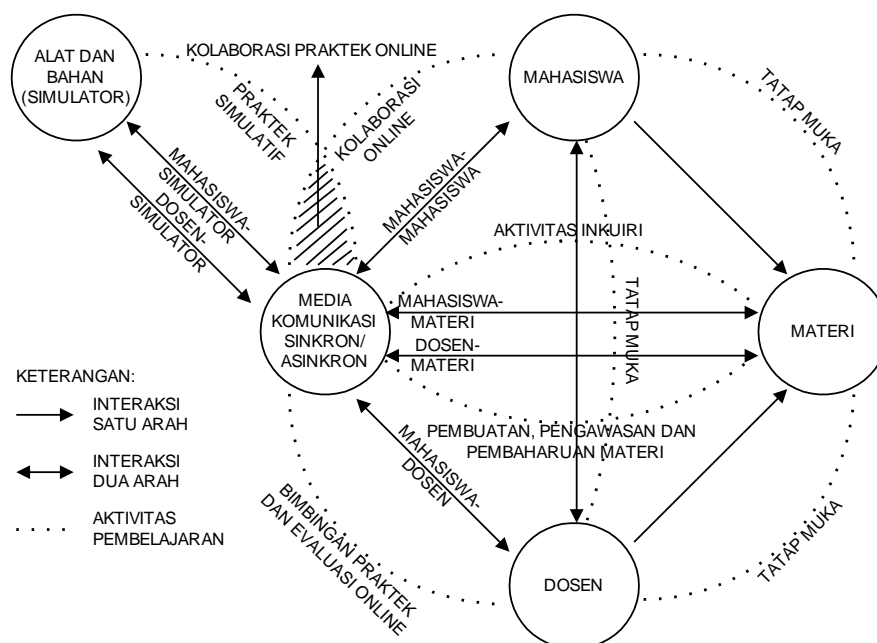
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAGIAN I. PERANGKAT PENDUKUNG PEMBELAJARAN PRAKTIK <i>ONLINE</i>	1
A. Model Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	1
B. Perangkat Pendukung	3
BAGIAN II. INSTALASI PERANGKAT PENDUKUNG	4
A. <i>Web Browser</i>	4
B. Java Runtime Environment (JRE)	6
C. Simulator <i>Breadboard</i>	8
D. TeamViewer: Program Pendukung Kolaborasi <i>Online</i>	10
E. <i>PDF Reader</i>	13
BAGIAN III. KEGIATAN INSTRUKTUR DALAM PRAKTIK <i>ONLINE</i>	14
A. Pemantauan Pengumuman	14
B. Pengambilan Panduan Praktik <i>Online</i>	15
C. Instalasi Perangkat Pendukung	15
D. Pendaftaran Instruktur ke Admin laboratorium Virtual	15
E. Penyampaian Pengumuman <i>Online</i>	16
F. Pelatihan Simulator	18
G. Pelatihan Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	19
H. Pengumpulan Tugas Pendahuluan	20
I. Pemantauan Kegiatan <i>Pre-Test</i>	24
J. Pembimbingan dan Pemantauan Praktik Secara <i>Online</i>	27
1. Penyediaan <i>Remote Desktop</i> Untuk Simulator	28
2. Komunikasi Dalam Pembimbingan Praktik	29
3. Pemantauan Aktivitas Praktik	31
4. Dokumentasi Hasil Praktik	32
5. Persetujuan Laporan Sementara	33
K. Pemberian Nilai Aktivitas Praktik	34
L. Pemantauan Kegiatan Post-Test	35
M. Penilaian Tugas Laporan	35
N. Pemantauan Nilai	36
O. Keluar Portal Laboratorium Virtual	36
DAFTAR PUSTAKA	37

BAGIAN I

PERANGKAT PENDUKUNG PEMBELAJARAN PRAKTIK *ONLINE*

A. Model Pembelajaran Praktik

Pembelajaran praktik dalam panduan ini diselenggarakan dengan pendekatan *blended learning* yakni gabungan antara kegiatan tatap muka dan *online*. Ilustrasi model pembelajarannya ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Ilustrasi Model Pembelajaran Praktik Menggunakan Simulator Dengan Pendekatan Kolaborasi *Online*

Interaksi yang terjadi dalam model pembelajaran ini mencakup:

1. Interaksi Antara Dosen/Instruktur Dengan Mahasiswa

Interaksi ini terjadi pada dua kegiatan yakni tatap muka dan *online*. Kegiatan tatap muka diselenggarakan pada pertemuan ke-1 dan pertemuan ke-2, sedangkan kegiatan *online* pada pertemuan-pertemuan berikutnya. Kegiatan praktik menggunakan model ini, menyediakan 10 pertemuan dan deskripsi interaksi dosen/instruktur dengan mahasiswa pada masing-masing pertemuan disajikan melalui tabel berikut ini.

Tabel 1. Deskripsi Interaksi Dosen/Instruktur Dengan Mahasiswa

Pertemuan	Jenis Kegiatan	Deskripsi Interaksi
Ke-1	Tatap Muka	Pemberian materi penggunaan simulator <i>breadboard</i>
Ke-2	Tatap Muka	Pemberian materi pembelajaran praktik <i>online</i> dan instalasi persyaratan operasi
Ke-3 s.d. Ke-10	<i>Online</i>	Bimbingan praktik dan evaluasi (<i>pre-test</i> , <i>post-test</i> dan tugas laporan) <i>online</i>

2. Interaksi Mahasiswa Dengan Mahasiswa

Interaksi antar mahasiswa terjadi melalui kegiatan kolaborasi *online* dalam praktik maupun diskusi *online*. Kolaborasi praktik *online* dilakukan dengan *mode* sinkron melalui akses secara bersama-sama terhadap simulator menggunakan aplikasi *remote desktop*. Sedangkan diskusi *online* dilakukan melalui aplikasi *chatting* maupun konferensi *video*.

3. Interaksi Mahasiswa Dengan Alat dan Bahan

Interaksi antara mahasiswa dengan alat dan bahan yang berupa simulator *breadboard* berlangsung secara *online* dalam aktivitas praktik secara simulatif.

4. Interaksi Dosen/Instruktur Dengan Alat dan Bahan

Interaksi antara dosen/instruktur dengan alat dan bahan dilakukan secara *online* dalam kegiatan bimbingan praktik simulatif.

5. Interaksi Mahasiswa Dengan Materi

Pada pertemuan ke-1 dan pertemuan ke-2, interaksi antara mahasiswa dan materi berlangsung melalui kegiatan tatap muka untuk mendukung pelatihan penggunaan simulator dan pelatihan pembelajaran praktik *online*. Materi pembelajaran pada pertemuan-pertemuan awal ini berupa panduan penggunaan simulator *breadboard* dan panduan pembelajaran praktik *online* dalam bentuk *printout* maupun *softcopy*. Sedangkan untuk pertemuan ke-3 sampai dengan pertemuan ke-10, interaksi keduanya berlangsung melalui kegiatan *online* dengan pendekatan inkuiri terbimbing. Materi dalam pertemuan-pertemuan ini disediakan dalam bentuk *online* dengan tampilan *web page* maupun *softcopy*. Mahasiswa dan instruktur juga dapat menyediakan sendiri materi ini dalam bentuk *printout* dengan mengunduhnya (*download*) terlebih dahulu dari portal laboratorium virtual.

6. Interaksi Dosen Dengan Materi

Interaksi antara dosen/instruktur dengan materi terjadi dalam dua kegiatan yakni tatap muka dan *online*. Pada kegiatan tatap muka, dosen/instruktur secara langsung berinteraksi dengan panduan simulator *breadboard* dan panduan pembelajaran praktik *online* untuk mendukung keberhasilan pelatihan kepada mahasiswa. Sedangkan pada kegiatan *online*, interaksi keduanya dilakukan dalam bentuk kegiatan pembuatan, pengawasan dan pembaharuan materi oleh dosen.

B. Perangkat Pendukung

Agar pembelajaran praktik *online* ini dapat berlangsung dengan baik diperlukan berbagai perangkat sebagai pendukungnya. Sebelum melaksanakan kegiatan praktik, dosen/instruktur dan mahasiswa harus menyediakan dan memperoleh perangkat yang diperlukan seperti disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Perangkat Pendukung Pembelajaran Praktik *Online*

Jenis Perangkat	Nama Perangkat dan Spesifikasi	Cara Memperoleh
Perangkat Keras	Komputer desktop/laptop: tersambung ke internet, memiliki kemampuan untuk <i>browsing</i> , <i>webcam</i> dan <i>headset</i>	Disediakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa
Perangkat Lunak	Sistem Operasi: Windows XP, Windows 7, atau Windows Vista	Disediakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa
	<i>Browser</i> : Mozilla Firefox 12.0	Diunduh melalui internet
	<i>Java Runtime Environment (JRE)</i> : Versi 1.3 atau lebih tinggi	Diunduh melalui internet
	<i>Simulator Breadboard</i> : Versi 1.11	Diunduh melalui internet
	<i>Program shared-desktop</i> : TeamViewer 7	Diunduh melalui internet
	<i>PDF Reader</i> : Adobe Reader X (10.1.3)	Diunduh melalui internet
Perangkat Pembelajaran	Silabus dan Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital: <i>Web page</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Panduan Simulator <i>Breadboard</i> : <i>Webpage</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> : <i>Hardcopy</i> dan PDF	Diberikan secara langsung oleh Dosen/ diunduh dari portal
	Panduan Praktik Teknik Digital: <i>Web page</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Buku Ajar Teknik Digital: PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual

BAGIAN II INSTALASI PERANGKAT PENDUKUNG

Sebelum melaksanakan pembelajaran praktik *online* ini, komputer yang akan digunakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa telah tersambung ke internet dan di dalamnya harus terpasang program-program: (1) sistem operasi dari keluarga Windows, (2) *web browser*, (3) *Java Runtime Environment* (JRE), (4) simulator *Breadboard*, (5) *TeamViewer*, dan (6) *PDF Reader*.

A. *Web Browser*

Seluruh kegiatan praktik *online* ini dikelola melalui portal laboratorium virtual berbasis *web* dengan alamat akses <http://elab.uad.ac.id>. Untuk dapat mengakses dan menjalankan portal laboratorium virtual diperlukan *web browser*. Walaupun *browser* yang digunakan dapat dari berbagai jenis, namun dalam kegiatan praktik ini disarankan menggunakan *Mozilla Firefox* versi terbaru. Instalasinya dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

1. Lakukan *download* program *setup Firefox* menggunakan *link* berikut ini <http://download.mozilla.org/?product=firefox-12.0&os=win&lang=id>.
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Klik *Run* pada jendela *Open File-Security Warning* untuk memulai instalasi.
4. Jika muncul jendela *User Account Control* klik *Yes*.
5. Klik tombol *Lanjut* pada jendela *Selamat Datang Setup Mozilla Firefox*.



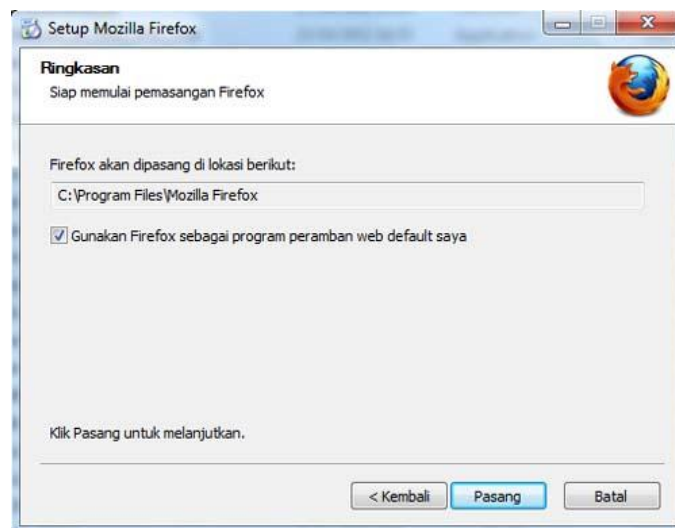
Gambar 2. Jendela Selamat Datang Pada *Setup Mozilla Firefox*

6. Pilih Standar pada menu Pilihan Jenis Pemasangan dan Klik Lanjut pada jendela berikut ini.



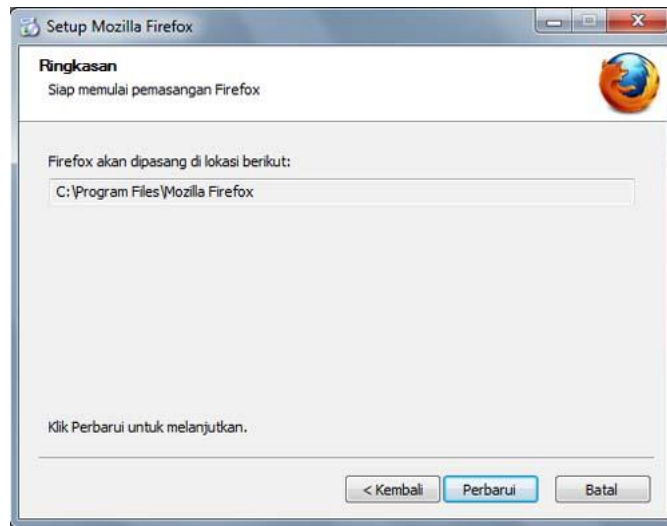
Gambar 3. Jendela Jenis Pemasangan Pada *Setup Mozilla Firefox*

7. Jika *browser* ini belum pernah dipasang, maka akan muncul jendela berikut, selanjutnya klik Pasang.



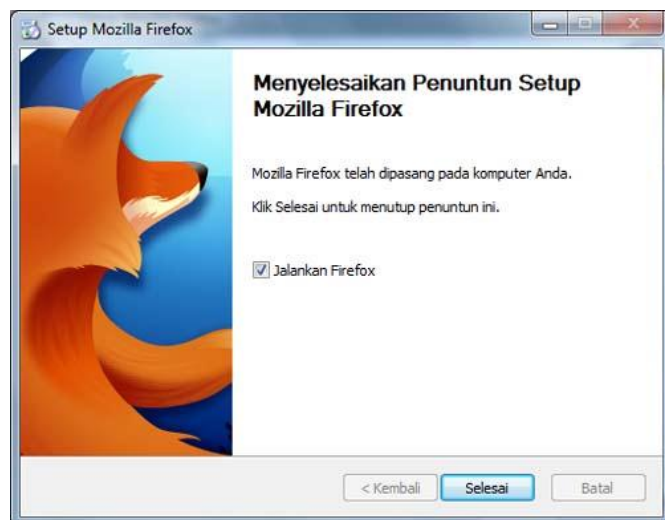
Gambar 4. Jendela Memulai Pasang Pada *Setup Mozilla Firefox*

dan jika *browser* ini pernah terpasang serta dalam keadaan sedang dijalankan, tutup terlebih dahulu *browser* Mozilla Firefox sehingga akan muncul jendela berikut, selanjutnya klik Perbaharui!



Gambar 5. Jendela Perbarui Pada *Setup Mozilla Firefox*

8. Untuk mengakhiri instalasi *browser* ini, klik pada Selesai.



Gambar 6. Jendela Penutup Pada *Setup Mozilla Firefox*

B. *Java Runtime Environment (JRE)*

Oleh karena simulator *breadboard* yang digunakan pada praktik ini dibuat dengan menggunakan program *Java*, maka diperlukan program pendukung untuk menjalankannya. *Java Runtime Environment (JRE)* merupakan program pendukung berjalannya simulator *breadboard*. Walaupun JRE yang digunakan

dapat dari versi 1.3 ke atas, namun dalam praktik ini disarankan menggunakan versi terbaru. Instalasi program JRE dilakukan melalui prosedur berikut ini.

1. Lakukan *download* terlebih dahulu *installer* JRE dari <http://www.softpedia.com/dyn-postdownload.php?p=71050&t=0&i=1>.
2. Jalankan *installer* JRE dengan klik *double* pada *file* hasil *download* dan klik *Install* setelah muncul jendela *Java Setup-Welcome* berikut ini!



Gambar 7. Jendela *Java Setup-Welcome*

3. Sesaat akan ditampilkan jendela status instalasi dan keadaan ini harus ditunggu.



Gambar 8. Jendela *Java Setup Progress*


4. Setelah muncul jendela *Java Setup-Complete*, klik pada tombol *Close* untuk mengakhiri proses instalasi JRE.








Gambar 9. Jendela *Java Setup-Complete*


C. Simulator *Breadboard*.

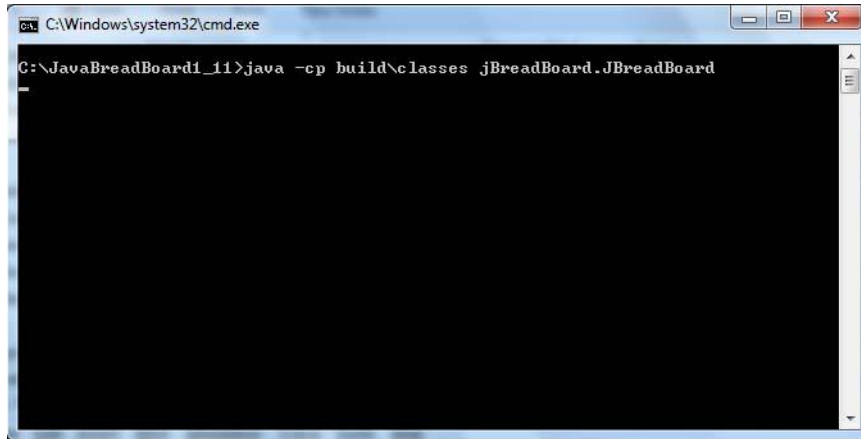
Program ini digunakan untuk menyediakan *breadboard* dan bahan-bahan praktik berupa IC logika, peraga LED, saklar, dan kabel yang bersifat virtual. Simulator ini berbasis program *Java* sehingga beroperasinya memerlukan syarat adanya program JRE pada tiap komputer yang menjalankannya. Instalasi simulator *breadboard* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Lakukan *download* terlebih dahulu program simulator ini dari: <http://www.cs.york.ac.uk/jbb/archive/toolset/JavaBreadBoard1-11.zip>
2. Lakukan *extract* terhadap *file* *JavaBreadBoard1_11.zip* menggunakan program seperti WinZip, pilihlah lokasi *folder* hasil *extract* misalnya di C. Jika ekstraksi *file* tersebut berhasil maka akan menghasilkan folder C:\JavaBreadBoard1_11 dan di dalamnya terdapat *file* *go* dengan icon . Secara lengkap isi foldernya adalah:

Name	Date modified	Type	Size
 ReadMe	19/05/2010 12:31	Text Document	2 KB
 go.sh	11/05/2010 21:17	SH File	1 KB
 go	11/05/2010 21:16	COMMAND File	1 KB
 go	27/10/2011 21:05	Windows Batch File	1 KB
 build	27/10/2011 21:05	File folder	

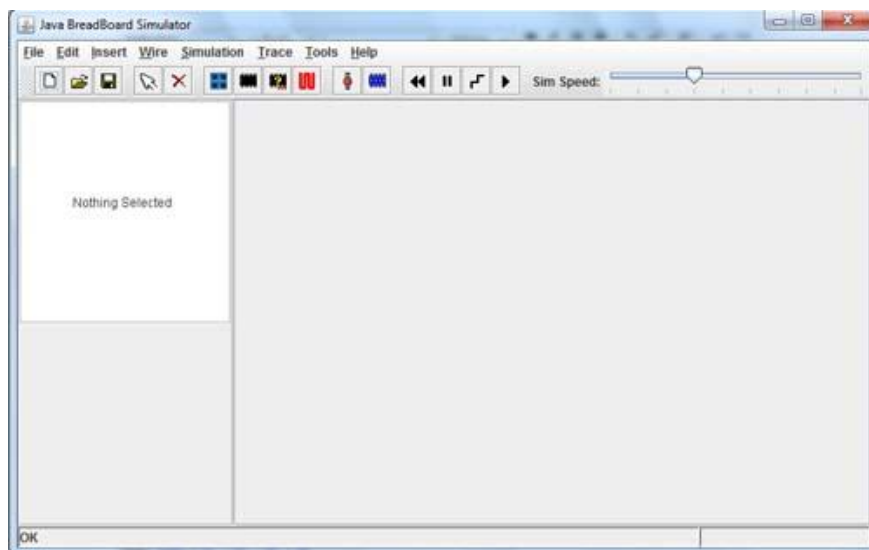
Gambar 10. Isi Folder Simulator *Breadboard*

3. Untuk mencoba keberhasilan instalasi, jalankan simulator *breadboard* dengan klik *double* pada go. Program akan menampilkan 2 jendela, yakni pertama:




Gambar 11. Jendela Eksekusi Java

Biarkan jendela ini tetap ada selama anda menjalankan program simulator *breadboard*. Jika tampilannya mengganggu, lakukan *minimizing* saja, dengan klik pada tanda "-", jangan ditutup, dan jendela kedua adalah:



Gambar 12. Jendela Antarmuka Sumulator *Breadboard*

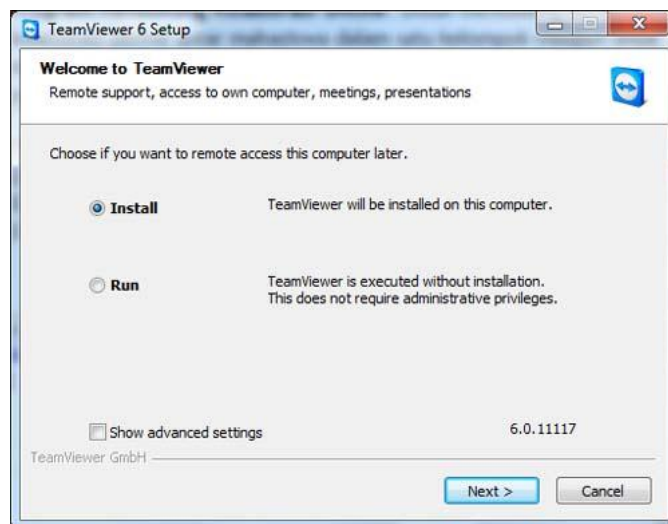
Jendela ini adalah tampilan simulator *breadboard* dan informasi secara lengkap serta cara penggunaannya disampaikan pada Panduan Simulator *Breadboard*.

4. Untuk selanjutnya, simulator *breadboard* dijalankan dengan cara masuk terlebih dahulu ke folder C:\JavaBreadBoard1_11 diteruskan dengan klik pada  Go.

D. TeamViewer: Program Pendukung Kolaborasi Online

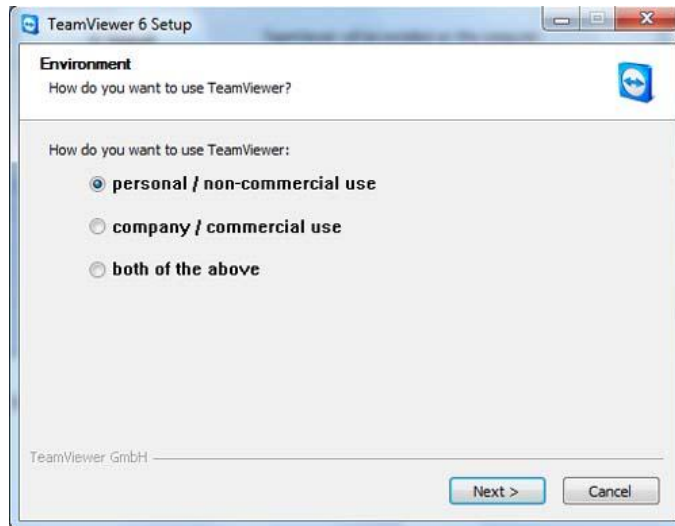
Untuk mendukung kerja kolaborasi *online* antar mahasiswa dalam satu kelompok maupun antar mahasiswa dan instruktur digunakan program dari *TeamViewer*. Instalasinya dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Lakukan *download* penginstal program *TeamViewer* dari http://www.teamviewer.com/download/TeamViewer_Setup_id.exe
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Pada jendela berikut ini, pilih *Install* dan klik *Next*.



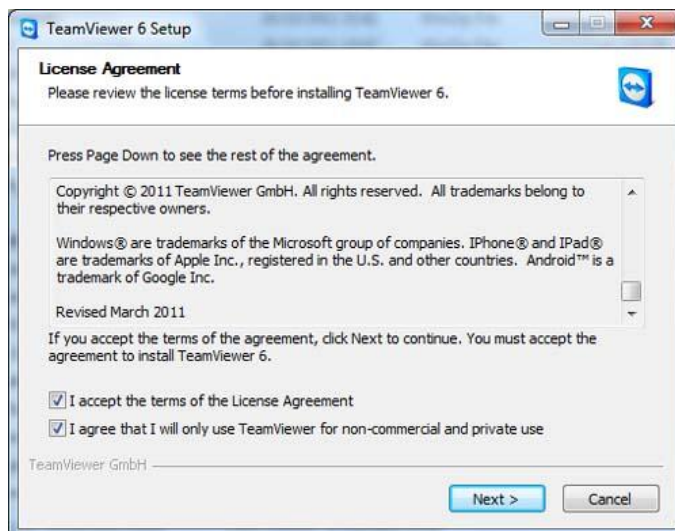
Gambar 13. Jendela *Welcome* Pada *TeamViewer Setup*

4. Pilih *Personal/Non Commercial Use* pada jendela di bawah ini, dilanjutkan dengan klik *Next*.



Gambar 14. Jendela Pilihan *Environment* Pada *TeamViewer Setup*

5. Pada jendela *Licence Agreement*, pilih kedua opsi yang ada yakni *I accept the terms of the Licence Agreement* dan *I agree that I will only use TeamViewer for non-commercial and private use*, diteruskan dengan klik *Next*.




Gambar 15. Jendela *Licence Agreement* Pada *TeamViewer Setup*

6. Pilih *No (default)* pada jendela berikut, diteruskan dengan klik *Next*.



Gambar 16. Jendela Pilihan Jenis Instalasi Pada *TeamViewer Setup*

7. Jika instalasi TeamViewer berhasil, maka akan muncul jendela seperti di bawah ini, dan pada layar desktop terdapat *shortcut* dengan icon .



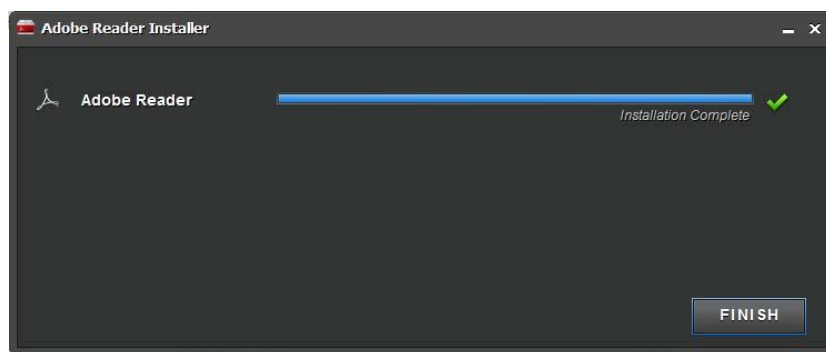
Gambar 17. Jendela Utama *TeamViewer*

Jendela itu menunjukkan bahwa instalasi *TeamViewer* ke dalam komputer telah sukses dilaksanakan. Penggunaan dari program ini akan dijelaskan pada Panduan Simulator *Breadboard*.

E. PDF Reader

Agar komputer kita dapat membaca sumber-sumber dalam portal laboratorium virtual dalam bentuk berkas PDF, diperlukan PDF Reader. Untuk memasang PDF Reader, lakukan langkah-langkah berikut ini:

1. *Download* terlebih dahulu penginstalannya dari situs: <http://get.adobe.com/reader/download/>.
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Tunggulah beberapa saat sampai muncul jendela berikut ini.



Gambar 18. Jendela Instalasi *Adobe Reader*

4. Klik *Finish* untuk mengakhiri instalasi.

Jika semua langkah-langkah tersebut telah dilakukan, maka persyaratan operasi pelaksanaan pembelajaran praktik *online* ini, dari sisi perangkat keras dan perangkat lunaknya, telah dapat terpenuhi. Bagi dosen pengampu, langkah selanjutnya setelah memasang semua persyaratan operasi adalah menyediakan atau mengunggah (*upload*) perangkat pembelajaran yang berupa Silabus dan Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital, Panduan Simulator *Breadboard*, Panduan Praktik Teknik Digital, Buku Ajar Teknik Digital, maupun perangkat evaluasi (*pre-test*, *post-test* dan laporan praktik) ke dalam portal laboratorium virtual. Sedangkan bagi mahasiswa dan instruktur, langkah berikutnya adalah mengunduh (*download*) perangkat-perangkat pembelajaran tersebut, dari portal laboratorium virtual. Untuk dapat masuk ke portal laboratorium virtual dengan alamat akses <http://elab.uad.ac.id>, dosen, instruktur dan mahasiswa harus melakukan registrasi terlebih dahulu.

BAGIAN III

KEGIATAN INSTRUKTUR DALAM PRAKTIK *ONLINE*

Instruktur adalah orang yang ditunjuk oleh dosen pengampu sebagai pendamping mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktik. Penunjukan instruktur dapat dilakukan melalui seleksi dengan syarat dan mekanisme tertentu. Instruktur dapat berasal dari kalangan mahasiswa yang telah menempuh dan lulus matakuliah praktik yang akan dibimbingnya, atau dari kalangan dosen yang dipandang memiliki kompetensi dalam bidang yang akan dibimbingnya. Dalam menjalankan tugasnya, instruktur diberi kewenangan tertentu oleh dosen pengampu seperti memberikan penilaian dan umpan balik kepada mahasiswa peserta praktik. Tugas instruktur dideskripsikan pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Kegiatan Instruktur Dalam Pembelajaran Praktik *Online*

Butir	Kegiatan	Waktu
A	Memantau pengumuman pendaftaran dan persyaratan praktik pada papan informasi program studi	Sebelum praktik
B	Mengambil panduan praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
C	Melakukan instalasi perangkat pendukung pada komputernya	Sebelum praktik
D	Melakukan pendaftaran ke admin portal laboratorium virtual	Sebelum praktik
E	Membantu dosen memberi pengumuman <i>online</i> tentang kegiatan pra-praktik	Sebelum praktik
F	Membantu dosen dalam memberikan materi simulator <i>breadboard</i>	Sebelum praktik
G	Membantu dosen dalam memberikan keterampilan praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
H	Mengunduh, menilai dan memberi umpan balik tugas pendahuluan	Sebelum praktik
I	Memantau pemberian <i>pre-test</i>	Saat praktik
J	Membimbing dan memantau praktik secara <i>online</i>	Saat praktik
K	Memberikan nilai aktivitas mahasiswa selama praktik	Saat praktik
L	Memantau pemberian <i>post-test</i>	Saat praktik
M	Mengunduh, menilai dan memberi umpan balik tugas laporan	Setelah praktik
N	Melihat nilai	Setelah praktik
O	Keluar portal laboratorium virtual	Setelah praktik

A. Pemantauan Pengumuman

Instruktur perlu melakukan pemantauan terhadap pengumuman yang dibuat oleh dosen pengampu sesering mungkin agar selalu memperoleh informasi terbaru sebagai rujukan untuk mempersiapkan diri secara dini terhadap tugas-tugas yang akan dilaksanakan.

B. Pengambilan Panduan Praktik *Online*

Panduan praktik *online* disediakan dalam bentuk *hardcopy* oleh dosen pengampu. Untuk memperolehnya, instruktur perlu mengambilnya di tempat yang telah ditentukan dan sesuai jadwal yang telah dibuat oleh dosen pengampu. Ketentuan pengambilan panduan ini tercantum pada pengumuman yang terpasang di papan-papan informasi laboratorium, program studi atau fakultas.

C. Instalasi Perangkat Pendukung

Langkah awal sebelum melakukan tugas mendampingi kelompok praktik, instruktur perlu melakukan instalasi perangkat lunak pendukung yang diperlukan ke dalam laptop atau komputer *desktop* masing-masing. Prosedur instalasi program pendukung dapat diikuti sesuai dengan uraian pada bagian II di atas.

D. Pendaftaran Instruktur ke Admin Laboratorium Virtual

Agar dapat tergabung dalam kegiatan praktik *online* ini, instruktur harus melakukan pendaftaran ke portal laboratorium virtual. Jadwal pendaftaran tercantum pada pengumuman yang disampaikan dosen lewat papan informasi laboratorium, program studi atau fakultas. Untuk melakukan pendaftaran, lakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Pastikan anda telah memiliki *email account*.
2. Lakukan pendaftaran sebagai instruktur dengan mengirim email yang berisi: nama lengkap, nomor mahasiswa, program studi, nama praktik yang akan dibimbingnya, dan nama dosen pengampu praktik, melalui email ke alamat **admin-elab@uad.ac.id**.
3. Setelah pengiriman permintaan tersebut dilakukan, admin akan mengatur keanggotaan anda di portal laboratorium virtual dan informasi *username* serta *password* akan dikirim kembali melalui alamat email anda.
4. Periksa *inbox email* anda setiap saat untuk memastikan bahwa *username* dan *password* telah dikirim oleh admin.
5. Setelah anda memperoleh *user name* dan *password* dari admin, masuk ke portal <http://elab.uad.ac.id>, pilih bahasa misalnya Indonesia, dan diteruskan dengan login sebagai instruktur.



Gambar 19. Tampilan Awal Portal Laboratorium Virtual

6. Isilah nama pengguna dan *password* sesuai informasi dari admin yang dikirim lewat email anda, dan selanjutnya **klik Login**.



Gambar 20. Halaman Untuk *Login* Instruktur ke Portal Laboratorium Virtual

E. Penyampaian Pengumuman Online

Salah satu kewenangan yang diberikan oleh dosen pengampu kepada instruktur adalah membantu menyampaikan pengumuman kepada mahasiswa yang dibimbingnya. Dalam hal ini, instruktur hanya dapat memberikan pengumuman melalui fasilitas forum kepada mahasiswa anggota kelompok yang dibimbingnya saja. Oleh karena menggunakan fasilitas forum, maka pengumuman yang disampaikan oleh instruktur dapat ditanggapi oleh mahasiswa. Dengan demikian, fungsi papan pengumuman *online* ini dapat pula dijadikan sebagai ajang diskusi antar instruktur dengan anggota kelompok yang dibimbingnya

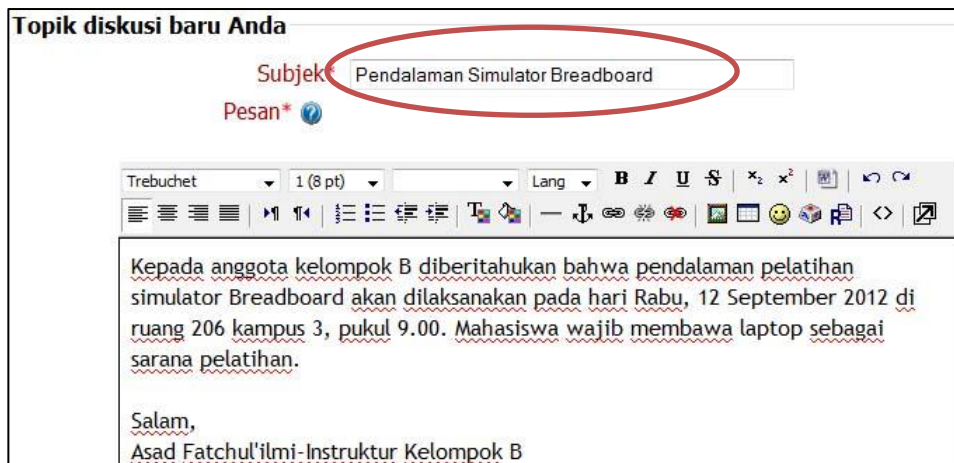
maupun antar mahasiswa dalam suatu kelompok praktik. Untuk menulis pengumuman pada fasilitas forum, lakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. *Login* ke portal laboratorium virtual sebagai instruktur dan pilih praktik yang sesuai.
2. Dari **Bagan Mingguan**, klik **Pengumuman>Tambah topik baru**.



Gambar 21. *Link* Untuk Mengawali Penulisan Pengumuman Oleh Instruktur

3. Isilah subjek atau judul pengumuman dan isinya seperti tampilan berikut ini.



Gambar 22. Halaman Untuk Menulis Judul dan Isi Pengumuman

4. Untuk mengirim pengumuman ini sebagai pesan pribadi ke setiap *desk* mahasiswa, klik **Post to forum**.

Oleh karena penyampaian menggunakan aplikasi forum, kemungkinan akan ada komentar atau tanggapan dari mahasiswa terhadap pengumuman yang telah dikirim oleh instruktur. Untuk menanggapi komentar mahasiswa lakukan:

1. *Login* sebagai instruktur ke portal laboratorium virtual diteruskan dengan memilih praktik yang sesuai.
2. Dari **Bagan Mingguan**, klik **Pengumuman**, diteruskan dengan klik pada judul pengumuman/diskusi yang akan ditanggapi dan klik pada **Tanggapan**.



Gambar 23. *Link* Untuk memberi Tanggapan Mahasiswa

3. Selanjutnya tulislah tanggapan anda pada kotak penulisan **Pesan** dan akhiri dengan klik pada **Post to forum**.

F. Kuliah Pengoperasian Simulator

Praktik ini dilaksanakan secara *online* menggunakan simulator sebagai pengganti alat dan bahan-bahannya. Dengan demikian, agar praktik dapat dijalankan dengan mudah dan lancar, mahasiswa harus memiliki keterampilan yang baik dalam penggunaan simulator. Melalui kuliah ini, mahasiswa diharapkan dapat memiliki keterampilan yang baik dalam pengoperasian program simulator *breadboard*. Sebelum praktik dilaksanakan, semua mahasiswa pesertanya diwajibkan mengikuti kuliah ini. Kuliah diberikan oleh dosen pengampu secara tatap muka sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan yakni pada sesi awal sebelum sesi-sesi praktik. Tugas instruktur dalam kuliah ini adalah membantu dosen pengampu memberikan pendampingan dan pembimbingan secara tatap muka kepada mahasiswa yang tergabung dalam kelompok yang dibimbingnya.

Sebelum melaksanakan kegiatan ini, instruktur diwajibkan mempelajari terlebih dahulu panduan pengoperasian simulator *breadboard*. Panduan ini dapat dibaca melalui halaman web dan diunduh dari portal laboratorium virtual. Panduan dapat dibaca dan diunduh dengan cara sebagai berikut:

1. *Login* ke portal laboratorium virtual sebagai instruktur dan diteruskan dengan memilih praktik yang sesuai.
2. Pada **Bagan Mingguan**, minggu pertama, klik **Panduan Simulator Breadboard (Online)**
3. Untuk mengunduh panduan, dari halaman **Bagan Mingguan**, minggu pertama, klik **Panduan Simulator Breadboard (PDF)**

Pada saat membantu dosen, instruktur diharapkan telah menguasai seluruh materi pelatihan sehingga tugas membantu dosen pengampu dalam mendampingi dan membimbing mahasiswa agar menguasai penggunaan simulator *breadboard* dapat dilakukan dengan lancar dan efektif.

Tugas instruktur yang penting dalam kegiatan ini adalah: (1) membantu dosen pengampu dalam menyiapkan ruangan dan sarana serta media pembelajaran khususnya komputer yang terjaring ke internet, (2) membantu para mahasiswa dalam kelompok praktik yang dibimbingnya dalam mengunduh penginstal (*installer*) program pendukung yakni *Java Runtime Environment* (JRE) dan program simulator *breadboard* ke dalam komputer yang digunakan, (3) membimbing para mahasiswa dalam memasang program pendukung sebagai persyaratan operasi berjalannya simulator *breadboard* yakni program JRE, dan (4) melatih mahasiswa menggunakan simulator *breadboard*.

G. Kuliah Pembelajaran Praktik Online

Selain kuliah penggunaan simulator yang diberikan pada minggu pertama, mahasiswa juga diberikan kuliah pembelajaran praktik *online* pada minggu kedua. Kuliah ini dilaksanakan secara tatap muka oleh dosen pengampu dan bertujuan: (1) memberikan orientasi kepada mahasiswa agar terbiasa menggunakan portal laboratorium virtual, dan (2) meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam menggunakan kelengkapan-kelengkapan praktik secara *online*.

Sebelum menjalankan tugas ini, instruktur diwajibkan mempelajari terlebih dahulu panduan pembelajaran praktik *online* baik untuk instruktur maupun untuk mahasiswa. Selain dalam bentuk *hardcopy*, panduan ini juga tersedia dalam bentuk PDF yang dapat diunduh oleh mahasiswa dan instruktur.

Pada saat kuliah, instruktur harus sudah menguasai seluruh isi materi panduan untuk instruktur dan mahasiswa. Tugas instruktur yang penting dalam kegiatan ini adalah: (1) membantu dosen pengampu mempersiapkan ruang kelas dan sarana komputer yang tersambung ke jaringan internet, (2) membantu para mahasiswa dalam kelompok yang dibimbingnya mengenal garis besar aktivitas praktik *online* (lihat tabel aktivitas pada panduan untuk mahasiswa), (3) membantu mahasiswa melakukan instalasi program pendukung pada komputer lokal yang digunakan, dan (4) membantu dosen pengampu dalam memberikan simulasi kerja kolaborasi praktik *online*.

H. Pengumpulan Tugas Pendahuluan

Sebelum praktik dilaksanakan mahasiswa diwajibkan membuat tugas pendahuluan. Mengingat praktik ini menggunakan metode inkuiri terbimbing yang menuntut mahasiswa menyusun sendiri prosedur percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang akan digunakan, maka kedua hal tersebut menjadi bagian dari tugas pendahuluan yang harus dikerjakan. Materi tugas pendahuluan telah disediakan oleh dosen pengampu dalam portal laboratorium virtual dan dapat dibaca serta diunduh oleh mahasiswa maupun instruktur sesuai jadwal dengan cara sebagai berikut.

1. *Login* ke portal laboratorium virtual dan pilih praktik yang sesuai
2. Dari **Bagan Mingguan**, pada minggu ke tiga (untuk praktik ke-1), klik **Panduan Praktik Ke-1 (Online)**
3. Untuk mengunduh panduan, dari **Bagan Mingguan**, pada minggu ke tiga (untuk praktik ke-1), klik **Panduan Praktik Ke-1 (PDF)**
4. Lakukan prosedur yang sama untuk sesi-sesi praktik yang lain.

Tugas pendahuluan ditulis oleh mahasiswa secara individual dalam bentuk *file Word* atau berekstensi DOC. Setelah tugas pendahuluan dikerjakan, mahasiswa akan mengunggahnya (*upload*) ke portal laboratorium virtual paling lambat dua hari sebelum praktik dilaksanakan. Pengaturan batas waktu unggah *file* tugas ini dalam portal laboratorium virtual telah diatur oleh dosen pengampu. Tugas instruktur yang penting dalam kegiatan ini adalah: (1) meminta dan membantu mahasiswa anggota kelompok praktik yang dibimbingnya mengunduh

file panduan praktik yang berisi tugas pendahuluan, satu minggu atau beberapa hari sebelum suatu sesi praktik dilaksanakan, (2) mendampingi mahasiswa baik secara tatap muka maupun *online* dalam mempersiapkan desain/prosedur percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang diperlukan, mengingat praktik ini menggunakan metode inkuiri terbimbing yang mengharuskan mahasiswa merancang sendiri kedua hal tersebut, (3) meminta kepada mahasiswa untuk melakukan *upload file* tugas pendahuluan ke portal laboratorium virtual sesuai jadwal, dan (4) mengunduh tugas pendahuluan, memeriksanya dan memberikan umpan balik kepada mahasiswa.

Sebelum melaksanakan tugas ini, instruktur telah mempelajari terlebih dahulu dengan baik tugas pendahuluan pada setiap sesi praktik. Instruktur juga telah memahami semua jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang terdapat dalam tugas pendahuluan sebelum melakukan pendampingan dan bimbingan. Perlu diperhatikan oleh instruktur bahwa keberhasilan mahasiswa dalam melaksanakan praktik sangat tergantung pada kemampuannya merancang desain/prosedur percobaan yang akan dilaksanakan dan menyiapkan tabel-tabel pengamatan yang akan digunakan. Oleh sebab itu, instruktur perlu memberikan umpan balik terhadap kedua hal tersebut melalui komunikasi secara tatap muka maupun *online* sehingga sebelum praktik dilaksanakan, mahasiswa telah memiliki desain/prosedur percobaan dan tabel-tabel yang diperlukan secara benar.

Setelah batas waktu pengiriman tugas terlampaui, instruktur mengunduh *file* tugas mahasiswa yang didampinginya, diteruskan dengan memeriksanya, memasukkan nilainya ke portal laboratorium virtual dan memberi umpan balik. Untuk melakukan tugas-tugas tersebut, ikuti prosedur berikut ini:

1. *Login* sebagai instruktur ke portal laboratorium virtual dan pilih praktik yang sesuai.
2. Dari halaman **Bagan Mingguan**, lakukan klik pada **Tugas Pendahuluan Ke-1** (untuk sesi praktik ke-1). Dengan cara tersebut anda siap masuk ke halaman akses pengiriman tugas untuk kelompok/grup yang anda dampingi/bimbing. Selanjutnya lakukan klik *link* **Lihat 3 pengiriman tugas**.



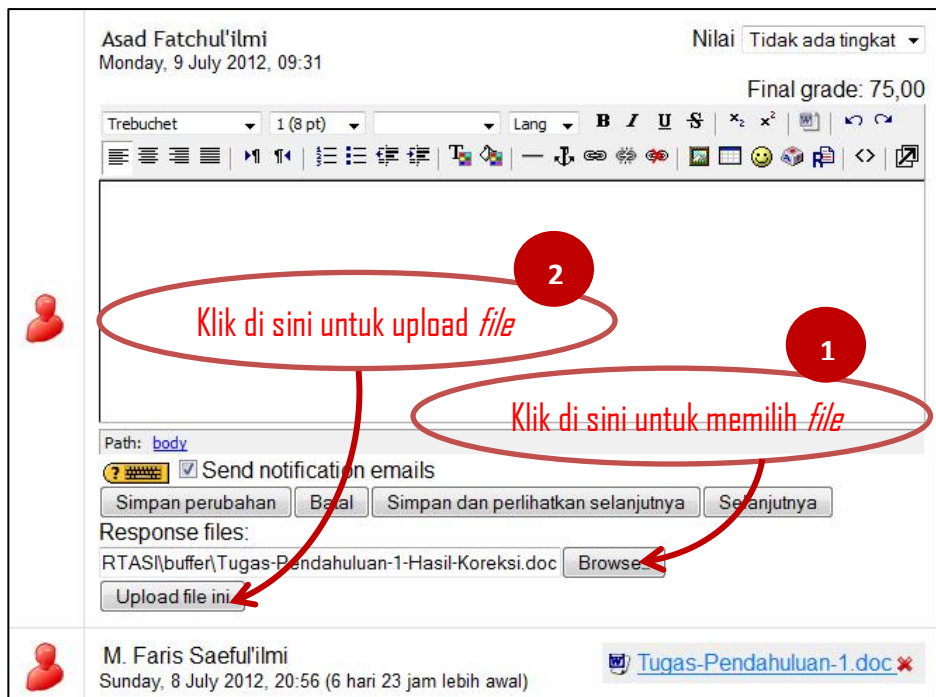
Gambar 24. *Link Untuk Masuk ke Fasilitas Unduh dan Menilai Tugas*

3. Lakukan *download* tugas pendahuluan mahasiswa (langkah 1) dengan klik pada *link* tugas, selanjutnya lakukan pemeriksaan pada tugas tersebut menggunakan aplikasi *Word* sekaligus berikan nilainya. Instruktur perlu memberikan saran-saran perbaikan dengan menggunakan **huruf berwarna merah** pada tugas yang dikoreksinya. Setelah tugas dikoreksi, simpanlah dalam *file* dengan nama yang mengandung kata koreksi seperti **tugas-pendahuluan-1-hasil-koreksi**. Umpan balik terpenting yang harus disampaikan instruktur kepada mahasiswa adalah saran-saran perbaikan terhadap desain/prosedur percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang akan digunakan. Instruktur harus memastikan bahwa kedua hal tersebut telah dapat disiapkan dengan baik dan benar oleh mahasiswa melalui tugas pendahuluan.

Nama Depan / Nama akhir	Nilai	Comment	Terakhir diperbaharui (Student)	Terakhir diperbaharui (Teacher)	Status	Final grade
M. Faris Saefulhmi	82 / 100	Tugas ...	Tugas-Pendahuluan-1.doc Saturday, 28 July 2012, 08:33	Saturday, 28 July 2012, 08:33	Perbaharui	82,00
Rita Enam	70 / 100	Tugas	Tugas-Pendahuluan-1.doc Wednesday, 4 July 2012, 12:07	Tuesday, 24 July 2012, 11:24	Perbaharui	70,00
Bambang Lima	80 / 100	Tugas	Tugas-Pendahuluan-1.doc Wednesday, 4 July 2012, 12:08	Tuesday, 24 July 2012, 11:30	Perbaharui	80,00

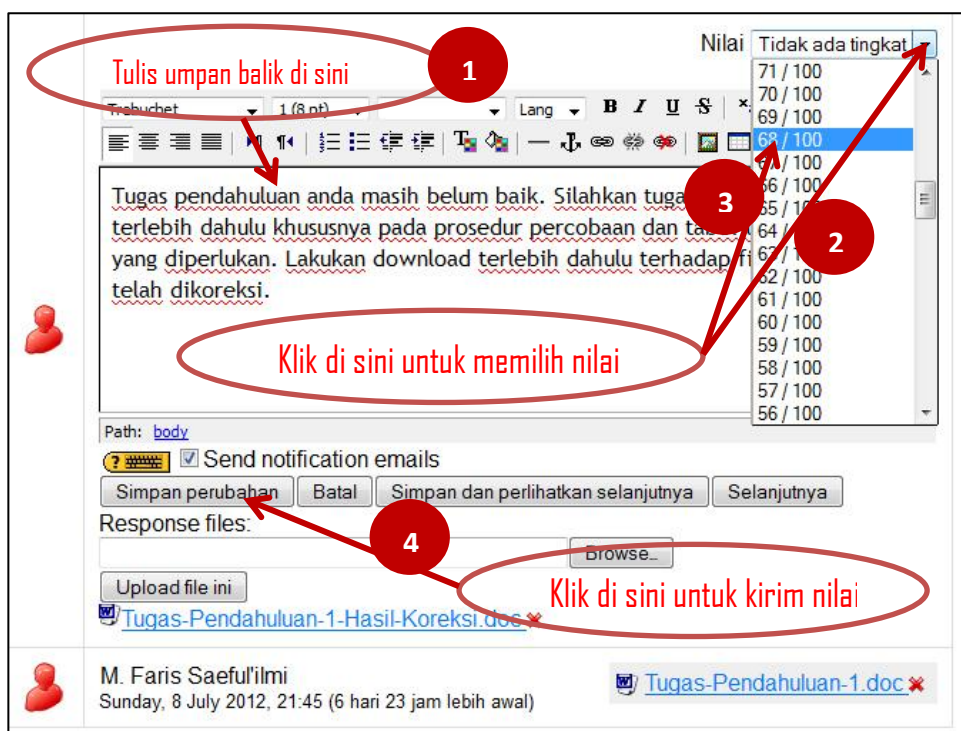
Gambar 25. *Link Untuk Download Tugas Mahasiswa dan Memasukkan Nilai*

4. Selanjutnya masukkan nilai tugas pendahuluan ke dalam portal laboratorium virtual dengan klik pada **Nilai** (langkah 2).
5. Lakukan *upload* terlebih dahulu *file* tugas pendahuluan yang telah dikoreksi sebagai umpan balik kepada mahasiswa, dengan klik **Browse** untuk memilih *file* dan diteruskan dengan klik **Upload file ini**.



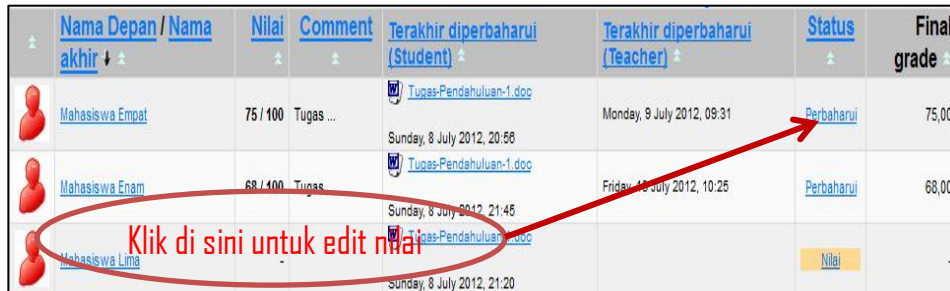
Gambar 26. Jendela Untuk *Upload File* Tugas yang Telah Dikoreksi

6. Setelah selesai *upload* file, diteruskan dengan memasukkan nilai melalui 4 langkah berikut ini.



Gambar 27. Jendela Untuk Memasukkan Nilai Tugas Pendahuluan

7. Jika anda berkeinginan memperbaharui nilai tugas pendahuluan mahasiswa, lakukan dengan klik pada **Perbaharui**. Selanjutnya lakukan prosedur memasukkan nilai seperti di atas.



Nama Depan / Nama akhir	Nilai	Comment	Terakhir diperbaharui (Student)	Terakhir diperbaharui (Teacher)	Status	Final grade
Mahasiswa Empat	75 / 100	Tugas ...	Tugas-Pendahuluan-1.doc Sunday, 8 July 2012, 20:58	Monday, 9 July 2012, 09:31	Perbaharui	75,00
Mahasiswa Enam	68 / 100	Tugas ...	Tugas-Pendahuluan-1.doc Sunday, 8 July 2012, 21:45	Friday, 13 July 2012, 10:25	Perbaharui	68,00
Mahasiswa Lima			Tugas-Pendahuluan-1.doc Sunday, 8 July 2012, 21:20		Nilai	-

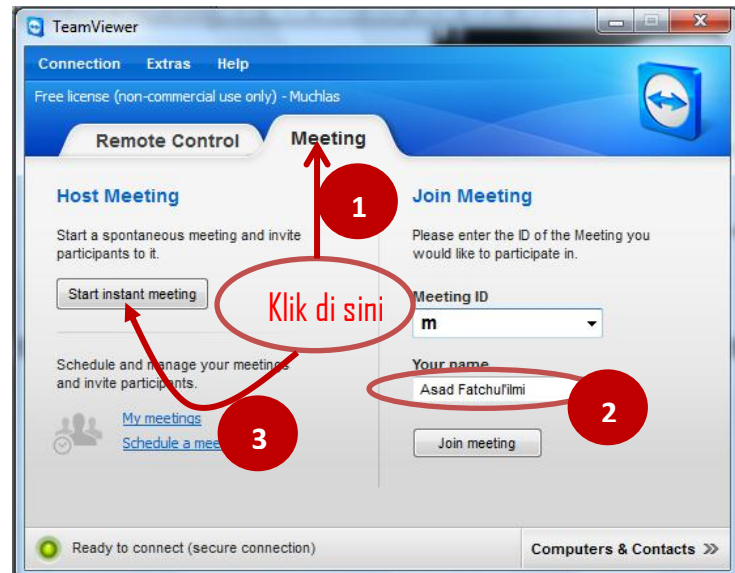
Gambar 28. Halaman Untuk Memperbarui Nilai Tugas

I. Pemantauan Kegiatan *Pre-Test*

Sebelum melaksanakan praktik, mahasiswa diwajibkan mengerjakan *pre-test* terlebih dahulu. Oleh karena *pre-test* dilakukan secara *online*, maka perlu dilakukan pemantauan secara *online* pula oleh instruktur. Pemantauan *pre-test* ini dilakukan melalui tayangan *video* secara langsung (*live*). Untuk melakukan tugas ini, lakukan prosedur seperti berikut ini.

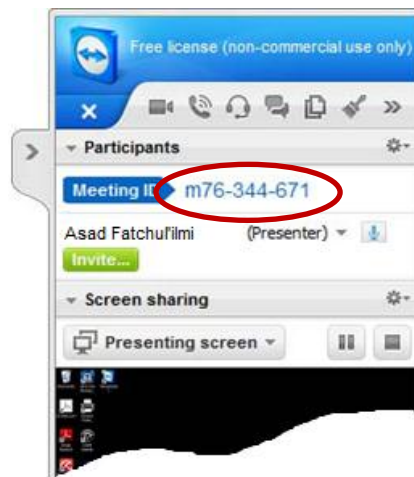
1. Pastikan pada komputer anda dan komputer mahasiswa anggota kelompok praktik telah terpasang kamera atau *webcam*.
2. Mintalah kepada mahasiswa untuk mengatur posisi kamera agar wajah dan tangannya dapat terlihat pada layar *video*, sehingga instruktur memperoleh kemudahan dalam melakukan pemantauan.
3. Pada saat yang telah ditentukan sesuai jadwal, *login* terlebih dahulu ke portal laboratorium virtual sebagai instruktur dan pilih jenis praktik yang sesuai.
4. Lakukan kontak terlebih dahulu dengan mahasiswa dalam kelompok yang anda bimbing melalui fasilitas *chatting*. Masuk ke halaman **Bagan Mingguan** dan klik pada **Diskusi Antar Anggota Kelompok Praktik**, diteruskan dengan klik pada **Klik di sini untuk chat sekarang**.
5. Pastikan bahwa semua anggota kelompok yang anda bimbing telah bergabung dalam ruang *chat*.
6. Pada komputer lokal anda, jalankan program *TeamViewer* dan melalui ruang *chat* mintalah kepada semua anggota kelompok untuk menjalankan program

yang sama tersebut sebelum mengerjakan *pre-test*. Pada layar anda dan mahasiswa akan ditampilkan jendela awal *TeamViewer* seperti berikut ini. Klik pada **Meeting** (**langkah 1**) diteruskan dengan mengisi nama anda (**langkah 2**) dan klik pada **Start instant meeting** (**langkah 3**).



Gambar 29. Jendela Awal Program Team Viewer

- Setelah muncul jendela seperti berikut ini, beritahukan kepada semua mahasiswa anggota kelompok melalui *chatting*, *meeting ID* anda sebagai *host*. Dengan ID ini, para anggota kelompok akan bergabung di *meeting* anda.



Gambar 30. Panel *TeamViewer* Pada Komputer *Host*

- Mintalah kepada mahasiswa melalui *chatting* untuk *join meeting* menggunakan *meeting ID* yang anda kirimkan dan *share video*.

9. Jika para mahasiswa telah melakukan *join meeting* dan *share video*, maka pada panel *TeamViewer* anda akan tampil tayangan sebagai berikut.



Gambar 31. Tayangan Video Pada Panel *TeamViewer*

10. Dari tayangan itu terlihat video untuk ketiga mahasiswa yang anda bimbing dan jika ingin menayangkan video anda pada komputer-komputer anggota kelompok, klik pada **Share video**.
11. Jika video semua anggota kelompok praktik telah dapat tampil pada panel *TeamViewer* anda, beritahukan kepada para anggota kelompok lewat *chatting* untuk memulai mengerjakan *pre-test*. Selama *pre-test* berlangsung lakukan pemantauan mahasiswa melalui layar video pada panel *TeamViewer* tersebut.
12. Setelah *pre-test* selesai dilaksanakan, **pertahankan program TeamViewer ini tetap berjalan pada komputer anda** karena nanti akan digunakan lagi pada saat pelaksanaan praktik *online*, dan mintalah melalui *chatting* ke seluruh anggota kelompok agar melakukan hal yang sama, yakni tidak menutup program TeamViewer.

Setelah mahasiswa selesai mengerjakan *pre-test*, nilai akan diberikan secara otomatis oleh sistem pada portal laboratorium virtual. Instruktur dapat melihat nilai *pre-test* dari masing-masing anggota kelompok yang dibimbingnya melalui cara sebagai berikut.

1. *Login* sebagai instruktur ke portal laboratorium virtual dan pilih praktik yang sesuai.
2. Dari halaman **Bagan Mingguan**, lakukan klik pada **Pre-test Ke-1** (untuk sesi praktik ke-1).
3. Pada halaman Pre-Test Ke-1, klik **Results**, maka akan ditampilkan daftar nilai seperti berikut ini.

	Nama Depan / Nama akhir	Started on	Selesai	Time taken	Grade/100	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
	M. Faris Saeful'Ilmi	21 July 2012 10:45	21 July 2012 10:47	1 min 4 detik	70	10/10	10/10	10/10	0/10	10/10	10/10	10/10	0/10	10/10	0/10
	Bambang Lima	21 July 2012 10:47	21 July 2012 10:48	48 detik	60	10/10	10/10	10/10	0/10	10/10	10/10	10/10	0/10	0/10	0/10
	Rita Enam	21 July 2012 10:49	21 July 2012 10:50	58 detik	50	10/10	0/10	10/10	0/10	10/10	10/10	10/10	0/10	0/10	0/10
	Group average				60	10/10	6.67/10	10/10	0/10	10/10	10/10	10/10	0/10	3.33/10	0/10
	Overall average				65.71	8.57/10	5.71/10	8.57/10	1.43/10	10/10	10/10	10/10	2.86/10	7.14/10	1.43/10

[Download jadi format ODS](#)
[Download jadi format Excel](#)
[Download jadi format teks](#)


Gambar 32. Halaman Untuk Melihat Nilai *Pre-Test*

4. Dari halaman tersebut, anda dapat mengirim umpan balik melalui pesan ke setiap mahasiswa dengan klik pada setiap nama yang ada. Selain itu, anda juga dapat melihat usaha yang dilakukan setiap mahasiswa dalam mengerjakan *pre-test* dengan klik pada nilai atau *grade* atau dapat pula *download* daftar tersebut dengan klik pada **Download jadi format Excel**.

J. Pembimbingan dan Pemantauan Praktik Secara Online

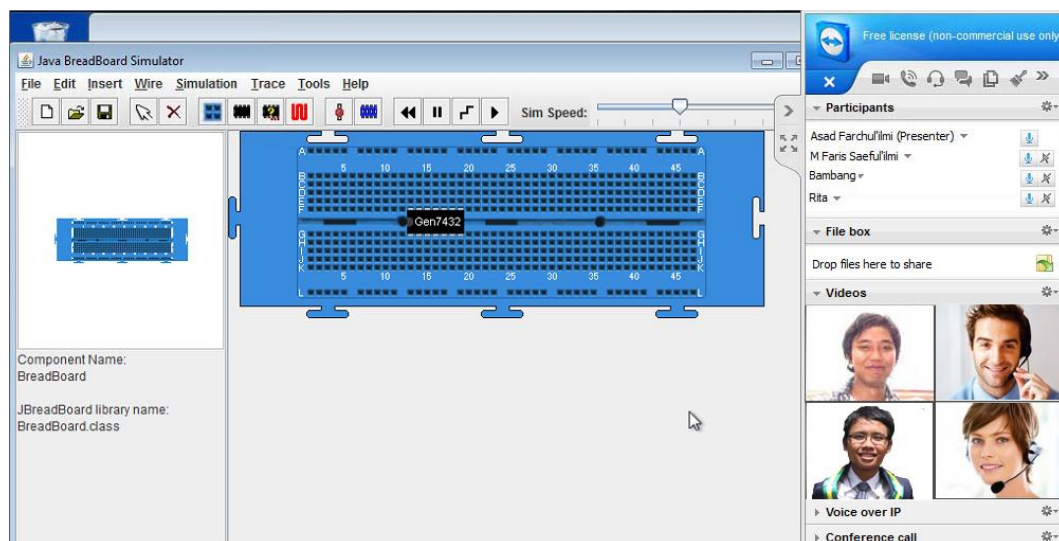
Pembimbingan praktik dilaksanakan oleh instruktur secara *online*. Tugas yang penting dari instruktur pada kegiatan ini adalah: (1) menyediakan simulator pada *desktop* komputernya agar dapat diakses dari jarak jauh (*remote*) oleh semua anggota kelompok praktik, (2) melakukan pembimbingan secara *online* kepada

kelompok praktik yang menjadi tanggungjawabnya, (3) melakukan pemantauan aktivitas praktik setiap mahasiswa, dan (4) membantu mahasiswa dalam mendokumentasikan rangkaian hasil praktik.

1. Penyediaan *Remote Desktop* Untuk Simulator

Sebelum praktik dilaksanakan, instruktur bertugas menyediakan *desktop* pada komputernya yang menampilkan jendela simulator dan dapat diakses dari jarak jauh oleh semua anggota kelompok praktik. Jadi, simulator *breadboard* dijalankan oleh komputer instruktur, tetapi dapat diakses oleh semua anggota kelompok praktik. Kegiatan ini dijalankan dengan prosedur sebagai berikut. .

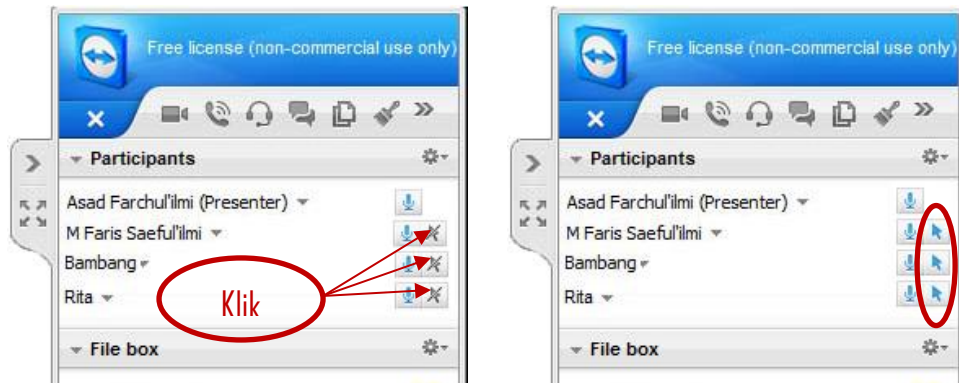
- a. Pastikan anda telah menjalankan program *TeamViewer* dan berperan sebagai *host* dari kegiatan *online meeting* seperti pada kegiatan **Pemantauan Kegiatan Pre-Test** di atas.
- b. Pastikan semua anggota kelompok praktik yang anda bimbing telah *join meeting* dengan anda melalui *TeamViewer*. Jika karena suatu sebab, terdapat anggota kelompok praktik yang keluar dari *meeting* anda, mintalah agar anggota tersebut masuk kembali melalui *join meeting*.
- c. Jalankan program simulator *Breadboard* sehingga jendelanya tampil pada *desktop* komputer anda seperti gambar berikut ini.



Gambar 33. *Desktop* Pada Komputer Instruktur

- d. Lakukan pengaturan pada setiap anggota kelompok (*participant*) agar mereka diberi hak untuk akses *desktop* anda dengan cara klik pada ikon yang

bergambar panah disilang (gambar kiri), sehingga menghasilkan ikon panah yang tidak disilang (gambar kanan di bawah ini).



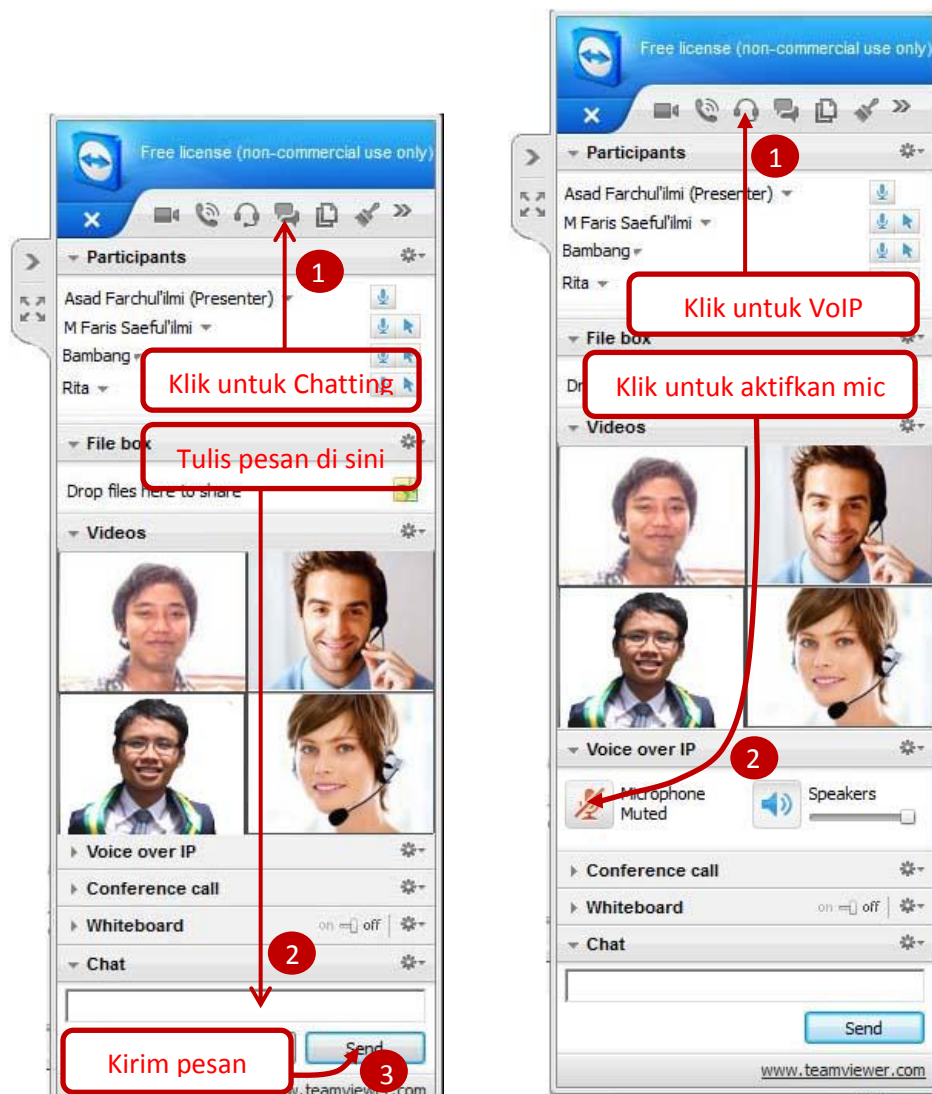
Gambar 34. Pengaturan Izin Akses *Desktop* Instruktur

- e. Pengaturan seperti gambar di atas menyebabkan semua anggota kelompok dapat mengakses *desktop* anda dari jarak jauh (*remote*). Dengan demikian, pada setiap layar komputer anggota kelompok tersaji simulator yang siap digunakan secara bersama-sama untuk praktik secara kolaborasi *online*. Mintalah kepada semua anggota kelompok untuk memulai praktik menggunakan simulator yang ada pada *desktop* anda.

2. Komunikasi Dalam Pembimbingan Praktik

Pembimbingan dilakukan oleh instruktur jika dalam praktik tersebut mahasiswa mengalami kesulitan dalam membuat rangkaian maupun dalam memperoleh data eksperimen. Dalam melakukan pembimbingan, selain menggunakan fasilitas *chatting* yang ada pada portal laboratorium virtual, komunikasi antar instruktur dan anggota kelompok juga dapat dilakukan melalui fasilitas komunikasi yang disediakan TeamViewer seperti *chatting*, *voice over IP*, maupun *video conference*.

Penggunaan *chatting* pada panel TeamViewer dilakukan dengan klik terlebih dahulu pada ikon *chat* di bagian atas panel. Selanjutnya tulis pesan yang akan disampaikan pada tempat yang tersedia dan kirimlah pesan dengan klik **Send**. Anda juga dapat menggabungkan aplikasi tayangan video dengan *voice over internet protocol* (VoIP) untuk menyelenggarakan bimbingan melalui *video conference* dengan mengaktifkan terlebih dahulu *mic* yang akan digunakan.



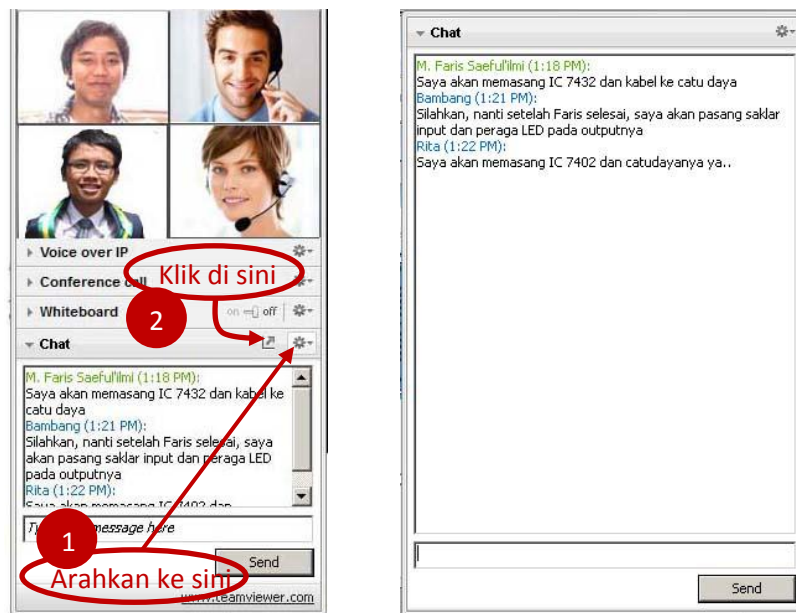
Gambar 35. Pengaturan Fasilitas *Chatting* dan VoIP Pada Panel TeamViewer

Prinsip bimbingan yang diberikan oleh instruktur adalah pelayanan berdasarkan permintaan. Instruktur memantau kegiatan praktik secara kolaborasi melalui *desktop* yang mengandung tayangan simulator. Setiap mahasiswa melakukan akses jarak jauh terhadap simulator yang ada pada *desktop* instruktur, sehingga keberhasilannya dalam melakukan praktik dapat diamati oleh instruktur. Bimbingan dilakukan secara tidak langsung maupun langsung. Bimbingan secara tidak langsung diberikan melalui komunikasi antara instruktur dengan mahasiswa melalui *chatting* maupun *video conference*. Sedangkan bimbingan secara langsung diberikan oleh instruktur dalam bentuk keterlibatannya dalam merangkai rangkaian pada papan *breadboard*.

3. Pemantauan Aktivitas Praktik

Selain melakukan pembimbingan, instruktur juga bertugas memantau keaktifan mahasiswa dalam praktik. Melalui aplikasi *online meeting* dan *remote desktop* serta fasilitas komunikasi yang ada pada TeamViewer, instruktur dapat melihat keaktifan mahasiswa dalam melakukan kerja praktik secara kolaboratif. Agar pemantauan dapat mudah dilakukan, jalankan cara-cara sebagai berikut.

- a. Munculkan jendela ruang *chatting* dengan cara arahkan kursor ke tombol **Options** dan jika muncul tanda panah, klik pada tanda panah tersebut.



Gambar 36. Pengaturan Tayangan Ruang *Chatting* Pada Panel *TeamViewer*

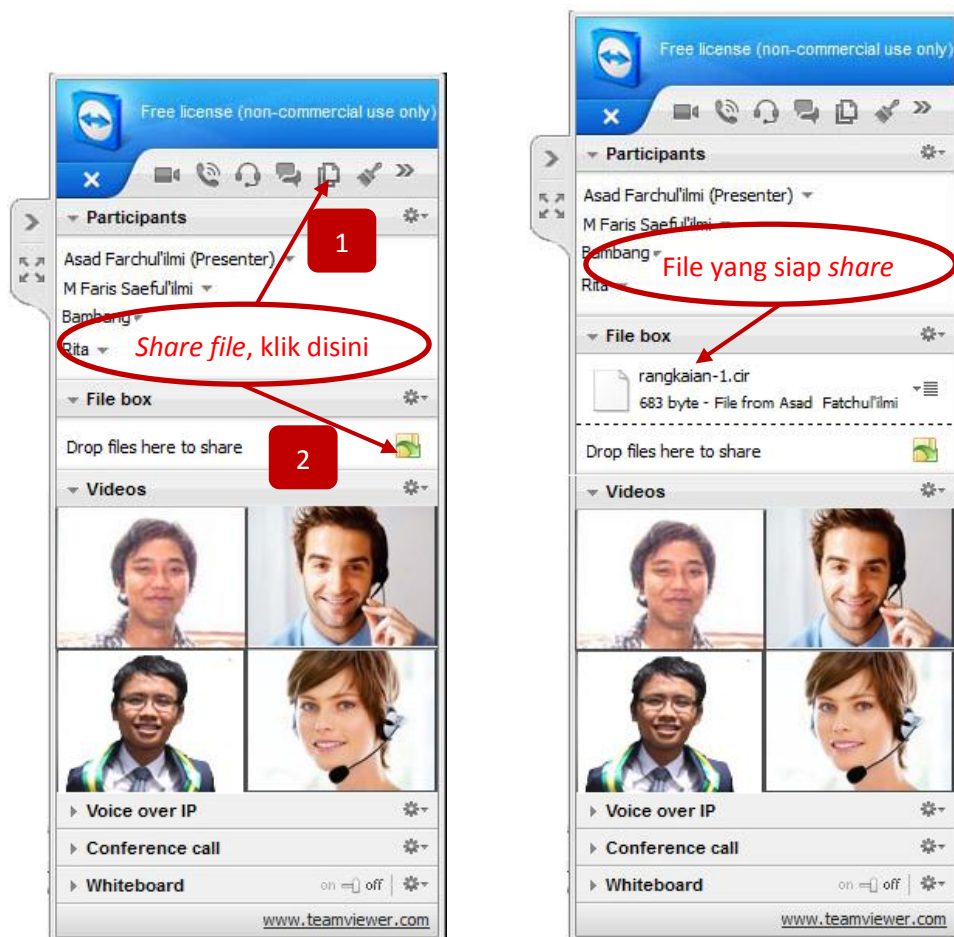
- b. Ingatkan kepada mahasiswa agar sebelum mengerjakan suatu langkah percobaan, selalu mengirim pesan terlebih dahulu lewat ruang *chatting* tentang langkah-langkah yang akan dikerjakan tersebut.
- c. Untuk memberikan penilaian aktivitas mahasiswa, instruktur dapat melihat jendela pada ruang *chatting* diikuti pengamatan pada jendela simulator. Dari pengamatan tersebut akan terlihat aktivitas setiap anggota kelompok dalam melakukan kerja kolaborasi secara *online*.

4. Dokumentasi Hasil Praktik

Setiap selesai melaksanakan percobaan dengan suatu rangkaian, sebelum simulator digunakan untuk rangkaian lainnya, instruktur mengingatkan ketua kelompok, melalui *chatting*, untuk menyimpan rangkaian tersebut ke dalam folder

pada komputer instruktur secara *remote*. Mintalah kepada mahasiswa agar *file* disimpan pada *directory/folder default* yang telah diatur oleh simulator *breadboard* yakni **JavaBreadBoard1_11\build\classes\circuits**. Agar *file* yang telah disimpan di komputer anda dapat diunduh oleh mahasiswa sebagai dokumentasi praktik, lakukan *share* terhadap *file* tersebut dengan cara sebagai berikut.

- a. Dari panel *TeamViewer* klik ikon *File box* di bagian atas (**langkah 1**), .

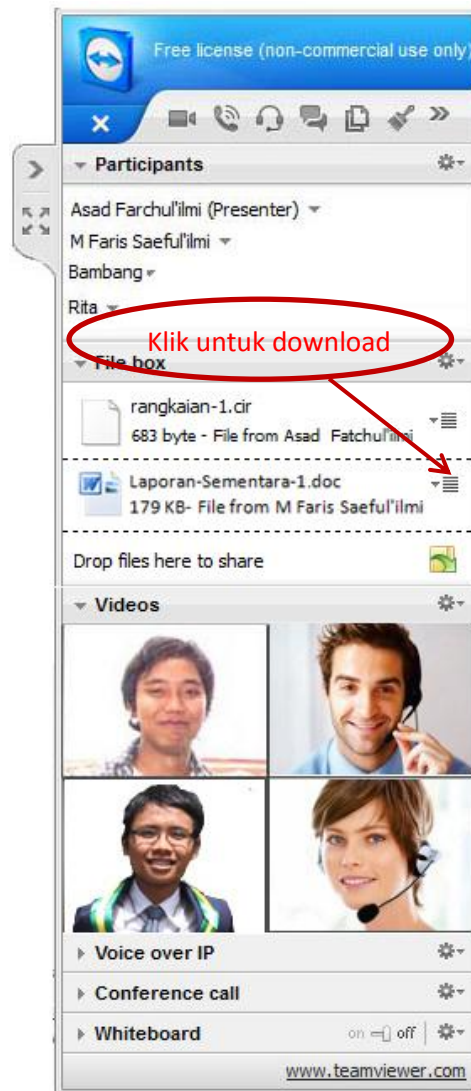


Gambar 37. Pengaturan Penempatan *Shared File*

- b. Selanjutnya, lakukan penempatan *file* yang akan dibagi (*share*) pada baris yang tersedia dengan cara klik pada tanda panah di baris yang bertuliskan **Drop files here to share** (**langkah 2**). Dengan cara ini, para mahasiswa anggota kelompok dapat mengunduh semua *file* tersebut.

5. Persetujuan Laporan Sementara

Setelah praktik selesai dilaksanakan, mahasiswa wajib menunjukkan laporan sementara kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan. Laporan sementara adalah tabel-tabel pengamatan yang berisi data-data hasil percobaan. Instruktur meminta kepada ketua kelompok praktik, melalui *chatting*, untuk melakukan *share* dokumen laporan sementara. Setelah beberapa saat, lakukan *download* laporan sementara tersebut dengan prosedur seperti berikut ini.



Gambar 38. Cara Mengunduh *File* Laporan Sementara Mahasiswa

Selanjutnya lakukan pemeriksaan terhadap laporan sementara tersebut. Jika anda merasa isi laporan masih kurang, mintalah mahasiswa memperbaikinya dan sebaliknya jika dirasa cukup berikan persetujuan melalui *chatting*.

K. Pemberian Nilai Aktivitas Praktik

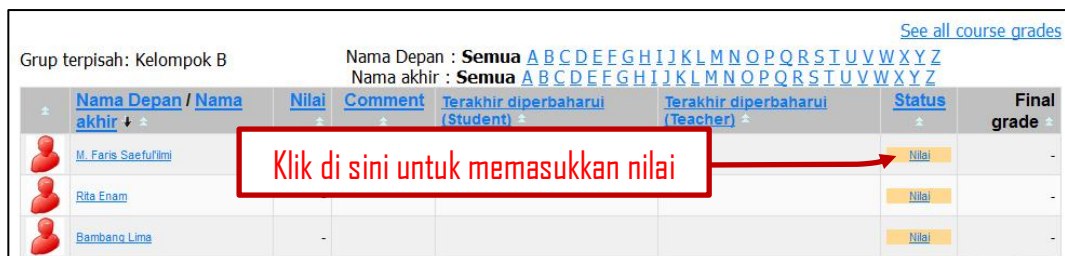
Pada akhir pelaksanaan praktik, berikan penilaian terhadap aktivitas setiap anggota kelompok praktik. Setelah kegiatan praktik *online* selesai, masukkan nilai aktivitas setiap mahasiswa ke portal laboratorium virtual dengan cara sebagai berikut.

1. *Login* sebagai instruktur ke portal laboratorium virtual.
2. Pilih praktik yang sesuai dan dari halaman **Bagan Mingguan**, lakukan klik pada **Kegiatan Praktik Ke-1** (untuk sesi praktik ke-1).
3. Klik *link No attempts have been made on this assignment*.



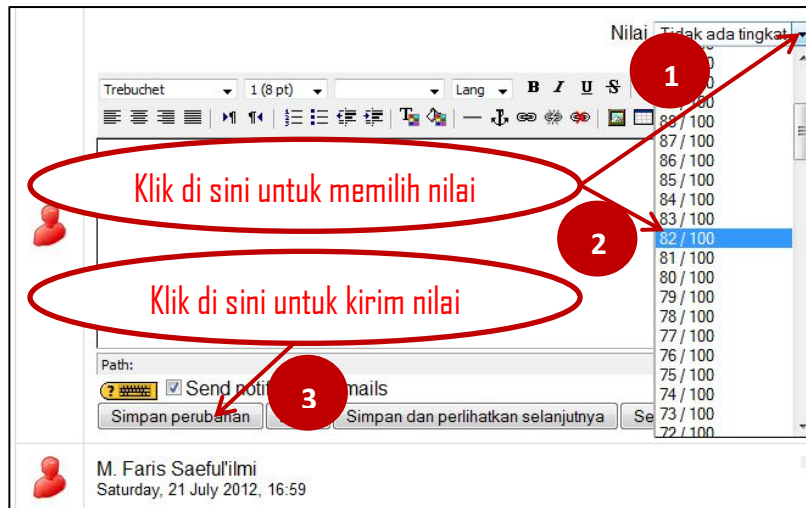
Gambar 39. *Link* Untuk Masuk Ke Halaman Penilaian

4. Untuk memasukkan nilai, klik **Nilai** pada baris yang bersesuaian dengan nama mahasiswa.



Gambar 40. *Link* Untuk Memasukkan Nilai

5. Masukkan nilai dengan cara seperti berikut ini.



Gambar 41. Jendela Untuk Memasukkan Nilai Aktivitas Praktik

6. Jika ingin mengubah nilai yang telah dimasukkan, klik *link Perbarui* pada baris yang sesuai dengan nama mahasiswa yang akan diubah nilainya. Selanjutnya lakukan seperti langkah 5 di atas!

	Nama Depan / Nama akhir	Nilai	Comment	Terakhir diperbaharui (Student)	Terakhir diperbaharui (Teacher)	Status	Final grade
	M. Faris Saeful'Ilmi	87 / 100		Saturday, 21 July 2012, 17:31	Saturday, 21 July 2012, 17:31	Perbaharui	87,00
	Rita Enam					Nilai	-
	Bambang Lima					Nilai	-

Klik di sini untuk ubah nilai

Gambar 42. Link Untuk Mengubah Nilai Aktivitas Praktik

L. Pemantauan Kegiatan *Post-Test*

Pemberian *post-test* juga dilakukan secara *online* dengan pemantauan seperti pada pemberian *pre-test* melalui *live video* oleh instruktur.




M. Penilaian Tugas Laporan

Setelah melaksanakan praktik, mahasiswa menyusun laporan yang bersifat individual dan selanjutnya dikirim ke portal laboratorium virtual melalui proses *upload* paling lambat satu hari sebelum pelaksanaan sesi praktik berikutnya. Instruktur bertugas mengunduh, menilai, dan memberi umpan balik terhadap tugas laporan tersebut. Prosedur pengiriman nilai tugas laporan dan umpan baliknya ke portal laboratorium virtual sama dengan prosedur pada tugas pendahuluan.

N. Pemantauan Nilai

Untuk melihat nilai keseluruhan kegiatan dari semua peserta praktik dalam kelompok yang anda bimbing, jalankan prosedur sebagai berikut.

1. *Login* sebagai instruktur ke portal laboratorium virtual, dan pilih jenis praktik yang sesuai.
2. Pada menu Administrasi, klik **Nilai**, maka akan ditampilkan jendela sebagai berikut.

Grader report				
Grup terpisah: Kelompok B				
Nama Depan / Nama akhir ↑		Praktikum Teknik Digital		
		Pre-Test Ke-1 ↓	Post-Test Ke-1 ↓	Tugas Pendahuluan Ke-1 ↓ Kegiatan
	M. Faris Saeful'ilmi Grades for M. Faris Saeful'ilmi	70,00	50,00	82,00
	Rita Enam Grades for Rita Enam	50,00	70,00	70,00
	Bambang Lima Grades for Bambang Lima	60,00	60,00	80,00
Group average		60,00	60,00	77,33
Overall average		65,71	67,14	80,29

Gambar 43. Halaman Untuk Melihat Nilai Seluruh Kegiatan

3. Untuk melihat nilai setiap mahasiswa klik pada *link* **Grades for** <nama mahasiswa>. Contoh, untuk melihat nilai dari M. Faris Saeful'ilmi klik pada *link* **Grades for M. Faris Saeful'ilmi**.

3) Keluar Portal

Untuk keluar (*logout*) dari portal laboratorium virtual, anda cukup klik *link* **Keluar** yang terdapat di bagian bawah setiap halaman portal.



Gambar 44. *Link* Untuk Keluar Portal Laboratorium Virtual

Akhir Panduan

DAFTAR PUSTAKA

- Adobe. (2012). *Acrobat Help: Install Adobe Reader X in Windows*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://helpx.adobe.com/acrobat/kb/install-reader-x-windows.html>
- Anderson, T. (2008). *The theory and practice of online learning*. Edmonton: AU Press, Athabasca University.
- Bailey, C. & Freeman, M. J. (2010). A Java bread-board simulator: Digital circuit simulation with an open-source toolset. *IADIS International Journal on Computer Science and Information System*, Volume VV, 1, 13-25.
- Sun Microsystems, Inc. (2012). *How do I manually download and install Java for my Windows computer?* Diambil pada 17 Mei 2012 dari http://www.java.com/en/download/help/windows_manual_download.xml
- Freeman, M. 2010. *Getting started with java bread board in windows*. Heslington: Department of Computer Science The University of York.
- Glass, N. *Java breadboard simulator user guide*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://www.cs.binghamton.edu/~sgreene/jbreadboard/guide2.html>.
- Glass, N. *Java breadboard simulator demo circuits*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://www.cs.binghamton.edu/~sgreene/jbreadboard/demo.html>.
- Mason, R. & Rennie, F. (2006). *Elearning: The key concepts*. New York: Routledge.
- Mozilla Foundation. (2012). *Install Firefox on Windows*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://support.mozilla.org/en-US/kb/install-firefox-windows>
- Team Viewer GmbH. (2012). *Team Viewer 7 Manual: Meeting*. Goppingen: TeamViewer GmbH.
- Team Viewer GmbH. (2012). *Team Viewer 7 Manual: Remote Control*. Goppingen: TeamViewer GmbH.



Modul 7

Panduan Pembelajaran *Online* Praktik Teknik Digital di Perguruan Tinggi

Untuk Mahasiswa

Muchlas

Modul 7

Panduan Pembelajaran *Online* Praktik Teknik Digital di Perguruan Tinggi

Untuk Mahasiswa

Muchlas

KATA PENGANTAR

Panduan ini digunakan untuk membantu mahasiswa dalam mempersiapkan diri mengikuti kegiatan praktik teknik digital secara *online* di lingkungan program studi teknik elektro dan program studi-program studi serumpunnya.

Model pembelajaran praktik *online* yang ada dalam panduan ini menggunakan pendekatan *blended learning* yakni melalui tatap muka sebanyak dua sesi dan kegiatan *online* sebanyak delapan sesi. Kegiatan tatap muka digunakan untuk memberikan pelatihan penggunaan simulator dan pelatihan pembelajaran praktik *online*. Kegiatan praktiknya diselenggarakan dengan pendekatan kolaborasi *online* menggunakan simulator untuk menggantikan alat dan bahan praktik. Sedangkan metode pembelajarannya adalah inkuiri terbimbing. Oleh karena kegiatan praktik ini diselenggarakan secara *online* dan menuntut keaktifan yang tinggi pada pesertanya, maka mahasiswa diharapkan dapat mempersiapkan diri dengan memahami secara komprehensif mekanisme praktik *online* dalam panduan ini agar nantinya dapat menjadi peserta aktif dalam kerja kelompok serta dapat melaksanakan praktik dengan lancar dan baik.

Dengan berbagai keterbatasannya, panduan ini diharapkan dapat digunakan secara efektif sebagai sarana untuk membantu mahasiswa dalam mempersiapkan diri mengikuti kegiatan praktik secara *online*.

Yogyakarta, September 2012
Penyusun,

Muchlas

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAGIAN I. PERANGKAT PENDUKUNG PEMBELAJARAN PRAKTIK <i>ONLINE</i>	1
A. Model Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	1
B. Perangkat Pendukung	3
BAGIAN II. INSTALASI PERANGKAT PENDUKUNG	4
A. <i>Web Browser</i>	4
B. Java Runtime Environment (JRE)	6
C. Simulator <i>Breadboard</i>	8
D. TeamViewer: Program Pendukung Kolaborasi <i>Online</i>	10
E. <i>PDF Reader</i>	13
BAGIAN III. KEGIATAN MAHASISWA DALAM PRAKTIK <i>ONLINE</i>	14
A. Pemantauan Pengumuman	14
B. Pengambilan Panduan Praktik <i>Online</i>	14
C. Instalasi Perangkat Pendukung	15
D. Pendaftaran Mahasiswa ke Admin laboratorium Virtual	15
E. Pemantauan Pengumuman <i>Online</i>	16
F. Pelatihan Simulator	18
G. Pelatihan Pembelajaran Praktik <i>Online</i>	19
H. Pengumpulan Tugas Pendahuluan	20
I. Pelaksanaan <i>Pre-Test</i>	22
J. Pelaksanaan Praktik	26
1. Akses Jarak Jauh Terhadap Simulator	26
2. Komunikasi Dalam Pembimbingan Praktik	27
3. Pemantauan dan Penilaian Praktik	29
4. Dokumentasi Praktik	30
5. Persetujuan Laporan Sementara	30
K. Pelaksanaan <i>Post-Test</i>	32
L. Pengumpulan Tugas Laporan	32
M. Pemantauan Nilai	32
N. Keluar Portal Laboratorium Virtual	33
DAFTAR PUSTAKA	34

A. Model Pembelajaran Praktik

[illegible]

Interaksi yang terjadi dalam model pembelajaran ini mencakup:

Interaksi ini terjadi pada dua kegiatan yakni tatap muka dan *online*. Kegiatan tatap muka diselenggarakan pada pertemuan ke-1 dan pertemuan ke-2, sedangkan kegiatan *online* pada pertemuan-pertemuan berikutnya. Kegiatan praktik menggunakan model ini, menyediakan 10 pertemuan dan deskripsi interaksi dosen/instruktur dengan mahasiswa pada masing-masing pertemuan disajikan melalui tabel berikut ini.

Tabel 1. Deskripsi Interaksi Dosen/Instruktur Dengan Mahasiswa

Pertemuan	Jenis Kegiatan	Deskripsi Interaksi
Ke-1	Tatap Muka	Pemberian materi penggunaan simulator <i>breadboard</i>
Ke-2	Tatap Muka	Pemberian materi pembelajaran praktik <i>online</i> dan instalasi persyaratan operasi
Ke-3 s.d. Ke-10	<i>Online</i>	Pelaksanaan praktik dan evaluasi (<i>pre-test</i> , <i>post-test</i> dan tugas laporan) <i>online</i>

2. Interaksi Mahasiswa Dengan Mahasiswa

Interaksi antar mahasiswa terjadi melalui kegiatan kolaborasi *online* dalam praktik maupun diskusi *online*. Kolaborasi praktik *online* dilakukan dengan *mode* sinkron melalui akses secara bersama-sama terhadap simulator menggunakan aplikasi *remote desktop*. Sedangkan diskusi *online* dilakukan melalui aplikasi *chatting* maupun konferensi *video*.

3. Interaksi Mahasiswa Dengan Alat dan Bahan

Interaksi antara mahasiswa dengan alat dan bahan yang berupa simulator *breadboard* berlangsung secara *online* dalam aktivitas praktik secara simulatif.

4. Interaksi Dosen/Instruktur Dengan Alat dan Bahan

Interaksi antara dosen/instruktur dengan alat dan bahan dilakukan secara *online* dalam kegiatan bimbingan praktik simulatif.

5. Interaksi Mahasiswa Dengan Materi

Pada pertemuan ke-1 dan pertemuan ke-2, interaksi antara mahasiswa dan materi berlangsung melalui kegiatan tatap muka untuk mendukung pelatihan penggunaan simulator dan pelatihan pembelajaran praktik *online*. Materi pembelajaran pada pertemuan-pertemuan awal ini berupa panduan penggunaan simulator *breadboard* dan panduan pembelajaran praktik *online* dalam bentuk *printout* maupun *softcopy*. Sedangkan untuk pertemuan ke-3 sampai dengan pertemuan ke-10, interaksi keduanya berlangsung melalui kegiatan *online* dengan pendekatan inkuiri terbimbing. Materi dalam pertemuan-pertemuan ini disediakan dalam bentuk *online* dengan tampilan *web page* maupun *softcopy*. Mahasiswa juga dapat menyediakan sendiri materi ini dalam bentuk *printout* dengan mengunduhnya (*download*) terlebih dahulu dari portal laboratorium virtual.

6. Interaksi Dosen Dengan Materi

Interaksi antara dosen/instruktur dengan materi terjadi dalam dua kegiatan yakni tatap muka dan *online*. Pada kegiatan tatap muka, dosen/instruktur secara langsung berinteraksi dengan panduan simulator *breadboard* dan panduan pembelajaran praktik *online* untuk mendukung keberhasilan pelatihan kepada mahasiswa. Sedangkan pada kegiatan *online*, interaksi keduanya dilakukan dalam bentuk kegiatan pembuatan, pengawasan dan pembaharuan materi oleh dosen.

B. Perangkat Pendukung

Agar pembelajaran praktik *online* ini dapat berlangsung dengan baik diperlukan berbagai perangkat sebagai pendukungnya. Sebelum melaksanakan kegiatan praktik, dosen/instruktur dan mahasiswa harus menyediakan dan memperoleh perangkat yang diperlukan seperti disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Perangkat Pendukung Pembelajaran Praktik *Online*

Jenis Perangkat	Nama Perangkat dan Spesifikasi	Cara Memperoleh
Perangkat Keras	Komputer desktop/laptop: tersambung ke internet, memiliki kemampuan untuk <i>browsing</i> , <i>webcam</i> dan <i>headset</i>	Disediakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa
Perangkat Lunak	Sistem Operasi: Windows XP, Windows 7, atau Windows Vista	Disediakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa
	<i>Browser</i> : Mozilla Firefox 12.0	Diunduh melalui internet
	<i>Java Runtime Environment</i> (JRE): Versi 1.3 atau lebih tinggi	Diunduh melalui internet
	Simulator <i>Breadboard</i> : Versi 1.11	Diunduh melalui internet
	Program <i>shared-desktop</i> : TeamViewer 7	Diunduh melalui internet
	PDF Reader: Adobe Reader X (10.1.3)	Diunduh melalui internet
Perangkat Pembelajaran	Silabus dan Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital: <i>Web page</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Panduan Simulator <i>Breadboard</i> : <i>Webpage</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Panduan Pembelajaran Praktik <i>Online</i> : <i>Hardcopy</i> dan PDF	Diberikan secara langsung oleh Dosen/diunduh
	Panduan Praktik Teknik Digital: <i>Web page</i> , PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual
	Buku Ajar Teknik Digital: PDF	Diunduh dari portal laboratorium virtual

BAGIAN II INSTALASI PERANGKAT PENDUKUNG

Sebelum melaksanakan pembelajaran praktik *online* ini, komputer yang akan digunakan oleh dosen, instruktur dan mahasiswa telah tersambung ke internet dan di dalamnya harus terpasang program-program: (1) sistem operasi dari keluarga Windows, (2) *web browser*, (3) *Java Runtime Environment* (JRE), (4) simulator *Breadboard*, (5) *TeamViewer*, dan (6) *PDF Reader*.

A. Instalasi *Web Browser*

Seluruh kegiatan praktik *online* ini dikelola melalui portal laboratorium virtual berbasis *web* dengan alamat akses <http://elab.uad.ac.id>. Untuk dapat mengakses dan menjalankan portal laboratorium virtual diperlukan *web browser*. Walaupun *browser* yang digunakan dapat dari berbagai jenis, namun dalam kegiatan praktik ini disarankan menggunakan *Mozilla Firefox* versi terbaru. Instalasinya dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

1. Lakukan *download* program *setup Firefox* menggunakan *link* berikut ini <http://download.mozilla.org/?product=firefox-12.0&os=win&lang=id>.
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Klik *Run* pada jendela *Open File-Security Warning* untuk memulai instalasi.
4. Jika muncul jendela *User Account Control* klik *Yes*.
5. Klik tombol *Lanjut* pada jendela *Selamat Datang Setup Mozilla Firefox*.



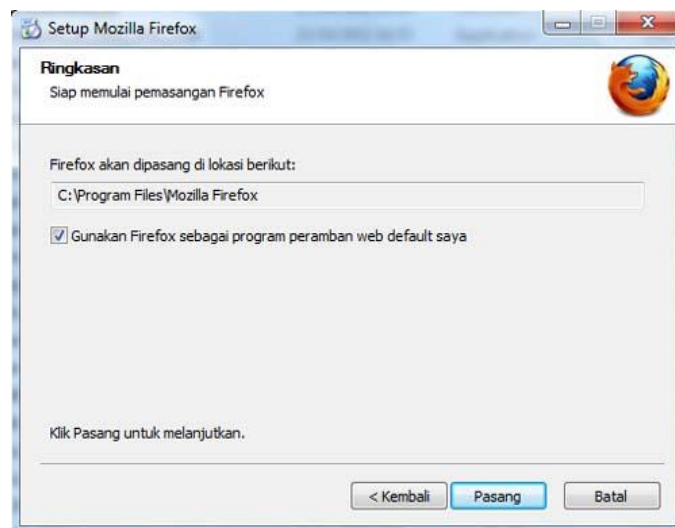
Gambar 2. Jendela Selamat Datang Pada *Setup Mozilla Firefox*

6. Pilih Standar pada menu Pilihan Jenis Pemasangan dan Klik Lanjut pada jendela berikut ini.



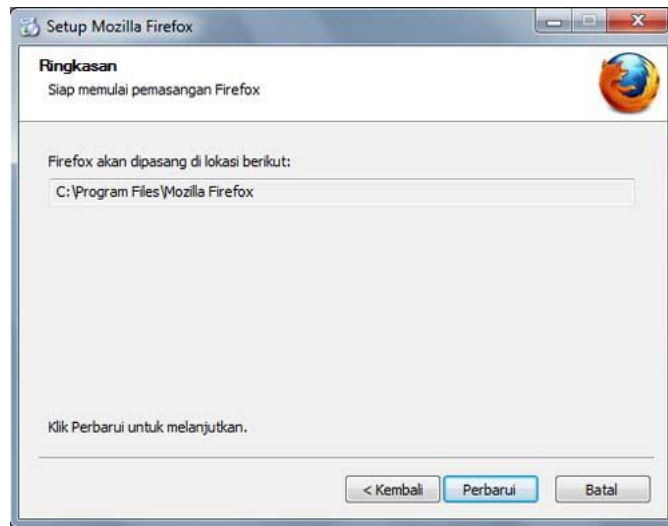
Gambar 3. Jendela Jenis Pemasangan Pada *Setup Mozilla Firefox*

7. Jika *browser* ini belum pernah dipasang, maka akan muncul jendela berikut, selanjutnya klik Pasang.



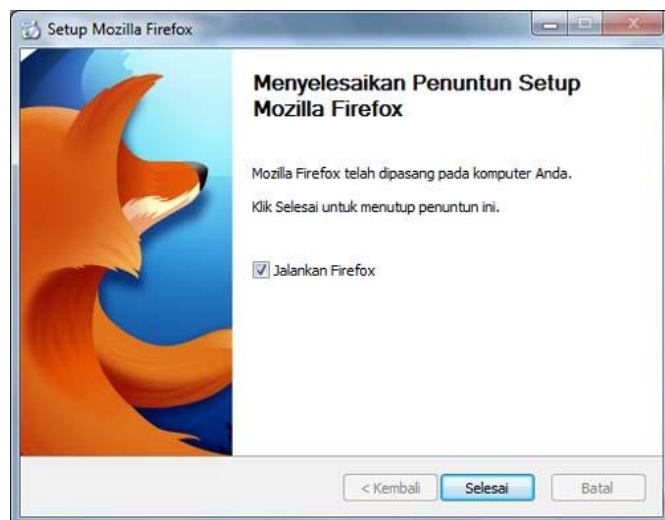
Gambar 4. Jendela Memulai Pasang Pada *Setup Mozilla Firefox*

dan jika *browser* ini pernah terpasang serta dalam keadaan sedang dijalankan, tutup terlebih dahulu *browser* Mozilla Firefox sehingga akan muncul jendela berikut, selanjutnya klik Perbaharui!



Gambar 5. Jendela Perbarui Pada *Setup Mozilla Firefox*

8. Untuk mengakhiri instalasi *browser* ini, klik pada Selesai.



Gambar 6. Jendela Penutup Pada *Setup Mozilla Firefox*

B. Program *Java Runtime Environment* (JRE)

Oleh karena simulator *breadboard* yang digunakan pada praktik ini dibuat dengan menggunakan program *Java*, maka diperlukan program pendukung untuk menjalankannya. *Java Runtime Environment* (JRE) merupakan program pendukung berjalannya simulator *breadboard*. Walaupun JRE yang digunakan

dapat dari versi 1.3 ke atas, namun dalam praktik ini disarankan menggunakan versi terbaru. Instalasi program JRE dilakukan melalui prosedur berikut ini.

1. Lakukan *download* terlebih dahulu *installer* JRE dari <http://www.softpedia.com/dyn-postdownload.php?p=71050&t=0&i=1>.
2. Jalankan *installer* JRE dengan klik *double* pada *file* hasil *download* dan klik *Install* setelah muncul jendela *Java Setup-Welcome* berikut ini!



Gambar 7. Jendela *Java Setup-Welcome*

3. Sesaat akan ditampilkan jendela status instalasi dan keadaan ini harus ditunggu.



Gambar 8. Jendela *Java Setup Progress*


- Setelah muncul jendela *Java Setup-Complete*, klik pada tombol *Close* untuk mengakhiri proses instalasi JRE.








Gambar 9. Jendela *Java Setup-Complete*


C. Simulator *Breadboard*.

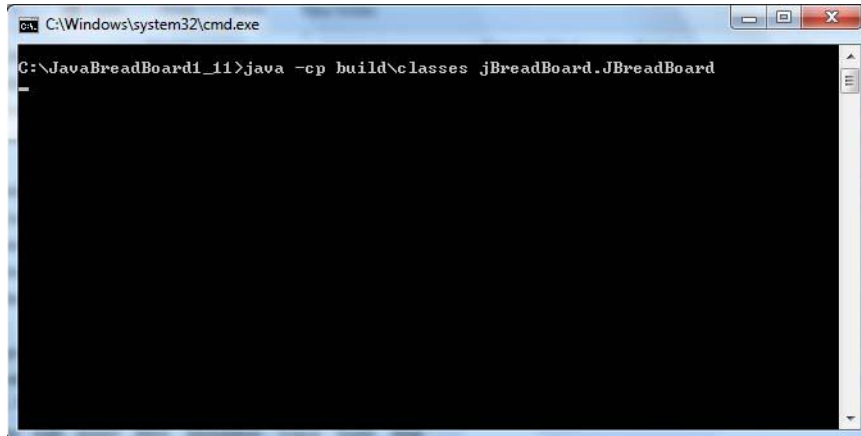
Program ini digunakan untuk menyediakan *breadboard* dan bahan-bahan praktik berupa IC logika, peraga LED, saklar, dan kabel yang bersifat virtual. Simulator ini berbasis program *Java* sehingga beroperasinya memerlukan syarat adanya program JRE pada tiap komputer yang menjalankannya. Instalasi simulator *breadboard* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- Lakukan *download* terlebih dahulu program simulator ini dari: <http://www.cs.york.ac.uk/jbb/archive/toolset/JavaBreadBoard1-11.zip>
- Lakukan *extract* terhadap *file* *JavaBreadBoard1_11.zip* menggunakan program seperti WinZip, pilihlah lokasi *folder* hasil *extract* misalnya di C. Jika ekstraksi *file* tersebut berhasil maka akan menghasilkan folder C:\JavaBreadBoard1_11 dan di dalamnya terdapat *file* *go* dengan icon . Secara lengkap isi foldernya adalah:

Name	Date modified	Type	Size
 ReadMe	19/05/2010 12:31	Text Document	2 KB
 go.sh	11/05/2010 21:17	SH File	1 KB
 go	11/05/2010 21:16	COMMAND File	1 KB
 go	27/10/2011 21:05	Windows Batch File	1 KB
 build	27/10/2011 21:05	File folder	

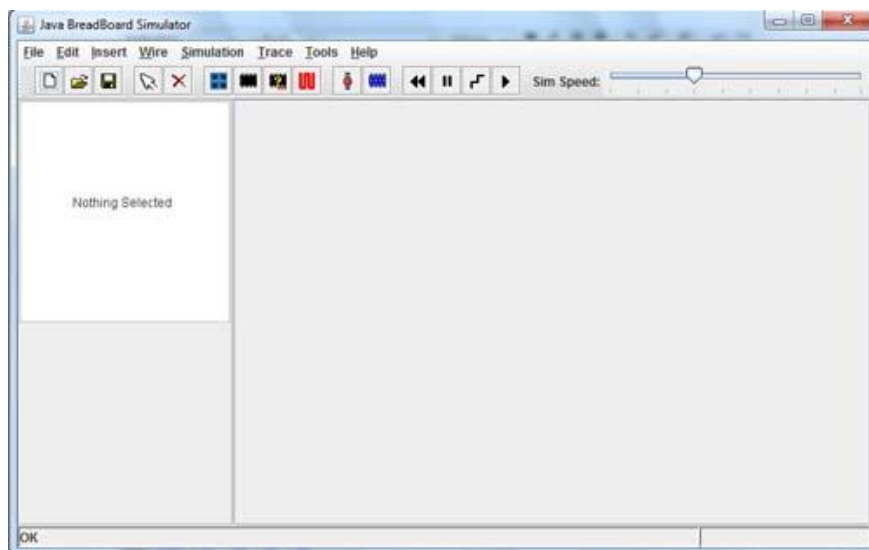
Gambar 10. Isi Folder Simulator *Breadboard*

3. Untuk mencoba keberhasilan instalasi, jalankan simulator *breadboard* dengan klik *double* pada go. Program akan menampilkan 2 jendela, yakni pertama:




Gambar 11. Jendela Eksekusi Java

Biarkan jendela ini tetap ada selama anda menjalankan program simulator *breadboard*. Jika tampilannya mengganggu, lakukan *minimizing* saja, dengan klik pada tanda "-", jangan ditutup, dan jendela kedua adalah:



Gambar 12. Jendela Antarmuka Sumulator *Breadboard*

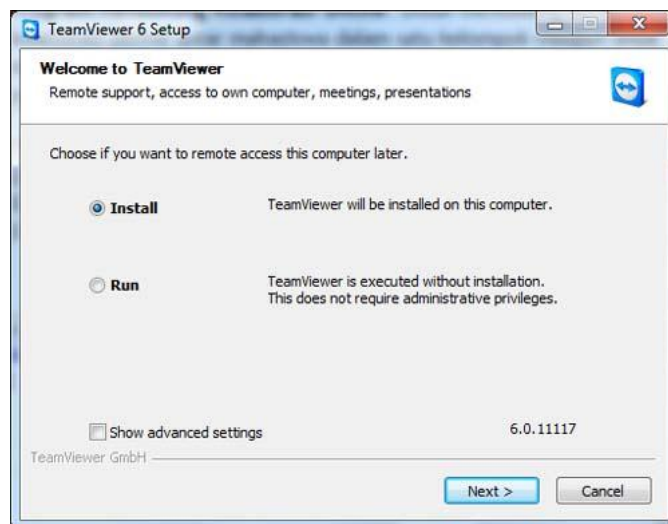
Jendela ini adalah tampilan simulator *breadboard* dan informasi secara lengkap serta cara penggunaannya disampaikan pada Panduan Simulator *Breadboard*.

4. Untuk selanjutnya, simulator *breadboard* dijalankan dengan cara masuk terlebih dahulu ke folder C:\JavaBreadBoard1_11 diteruskan dengan klik pada  Go.

D. Program Pendukung Kolaborasi *Online*

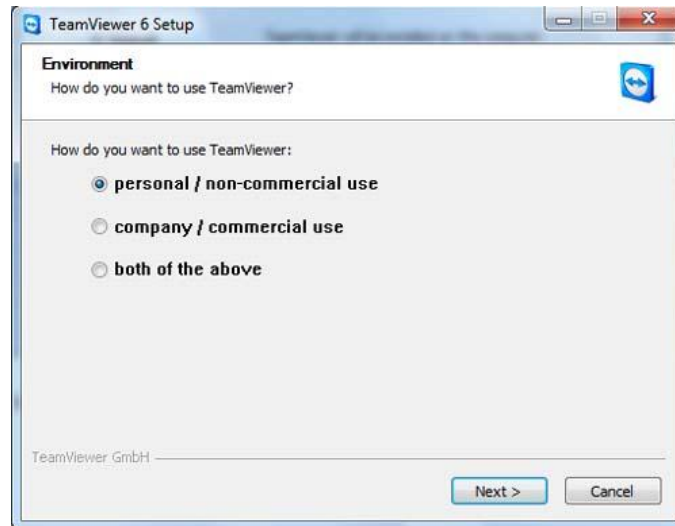
Untuk mendukung kerja kolaborasi *online* antar mahasiswa dalam satu kelompok maupun antar mahasiswa dan instruktur digunakan program dari *TeamViewer*. Instalasinya dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Lakukan *download* penginstal program *TeamViewer* dari http://www.teamviewer.com/download/TeamViewer_Setup_id.exe
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Pada jendela berikut ini, pilih *Install* dan klik *Next*.



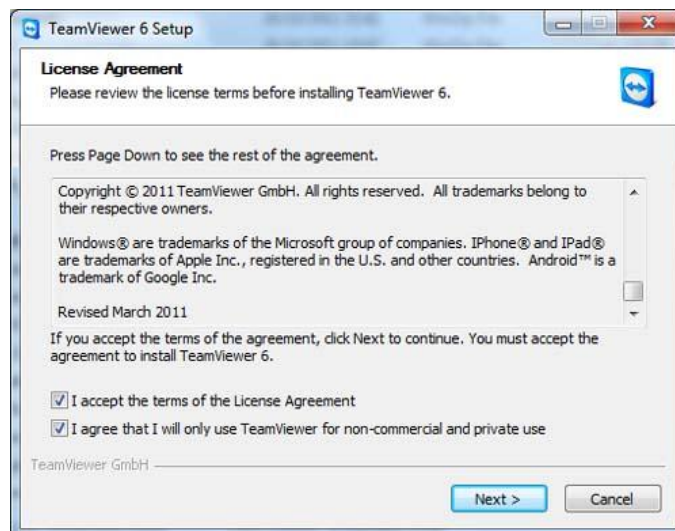
Gambar 13. Jendela *Welcome* Pada *TeamViewer Setup*

4. Pilih *Personal/Non Commercial Use* pada jendela di bawah ini, dilanjutkan dengan klik *Next*.



Gambar 14. Jendela Pilihan *Environment* Pada *TeamViewer Setup*

5. Pada jendela *Licence Agreement*, pilih kedua opsi yang ada yakni *I accept the terms of the Licence Agreement* dan *I agree that I will only use TeamViewer for non-commercial and private use*, diteruskan dengan klik *Next*.




Gambar 15. Jendela *Licence Agreement* Pada *TeamViewer Setup*

6. Pilih *No (default)* pada jendela berikut, diteruskan dengan klik *Next*.



Gambar 16. Jendela Pilihan Jenis Instalasi Pada *TeamViewer Setup*

7. Jika instalasi TeamViewer berhasil, maka akan muncul jendela seperti di bawah ini, dan pada layar desktop terdapat *shortcut* dengan icon .



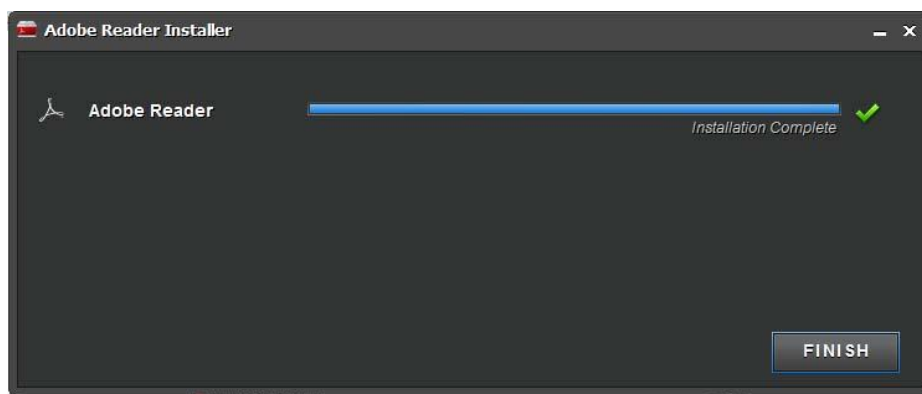
Gambar 17. Jendela Utama *TeamViewer*

Jendela itu menunjukkan bahwa instalasi *TeamViewer* ke dalam komputer telah sukses dilaksanakan. Penggunaan dari program ini akan dijelaskan pada Panduan Simulator *Breadboard*.

E. PDF Reader

Agar komputer kita dapat membaca sumber-sumber dalam portal laboratorium virtual dalam bentuk berkas PDF, diperlukan PDF Reader. Untuk memasang PDF Reader, lakukan langkah-langkah berikut ini:

1. *Download* terlebih dahulu penginstalnya dari situs: <http://get.adobe.com/reader/download/>.
2. Klik *double* pada *file* hasil *download*.
3. Tunggulah beberapa saat sampai muncul jendela berikut ini.



Gambar 18. Jendela Instalasi *Adobe Reader*

4. Klik *Finish* untuk mengakhiri instalasi.

Jika semua langkah-langkah tersebut telah dilakukan, maka persyaratan operasi pelaksanaan pembelajaran praktik *online* ini, dari sisi perangkat keras dan perangkat lunaknya, telah dapat terpenuhi. Bagi dosen pengampu, langkah selanjutnya setelah memasang semua persyaratan operasi adalah menyediakan atau mengunggah (*upload*) perangkat pembelajaran yang berupa Silabus dan Satuan Acara Perkuliahan/Praktik Teknik Digital, Panduan Simulator *Breadboard*, Panduan Praktik Teknik Digital, Buku Ajar Teknik Digital, maupun perangkat evaluasi (*pre-test*, *post-test* dan laporan praktik) ke dalam portal laboratorium virtual. Sedangkan bagi mahasiswa dan instruktur, langkah berikutnya adalah mengunduh (*download*) perangkat-perangkat pembelajaran tersebut, dari portal laboratorium virtual. Untuk dapat masuk ke portal laboratorium virtual dengan alamat akses <http://elab.uad.ac.id>, dosen, instruktur dan mahasiswa harus melakukan registrasi terlebih dahulu.

BAGIAN III

KEGIATAN MAHASISWA DALAM PRAKTIK *ONLINE*

Kegiatan mahasiswa selama pelaksanaan pembelajaran praktik dideskripsikan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Kegiatan Mahasiswa Dalam Pembelajaran Praktik *Online*

Butir	Kegiatan	Waktu
A	Melihat pengumuman pendaftaran dan persyaratan praktik pada papan informasi program studi	Sebelum praktik
B	Mengambil panduan praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
C	Melakukan instalasi perangkat pendukung	Sebelum praktik
D	Melakukan pendaftaran ke admin portal laboratorium virtual	Sebelum praktik
E	Melihat pengumuman <i>online</i> tentang kegiatan pra-praktik	Sebelum praktik
F	Mengikuti kuliah cara pengoperasian simulator <i>breadboard</i>	Sebelum praktik
G	Mengikuti kuliah tentang pembelajaran praktik <i>online</i>	Sebelum praktik
H	Mengerjakan dan mengirim tugas pendahuluan	Sebelum praktik
I	Mengerjakan <i>pre-test</i>	Saat praktik
J	Melaksanakan praktik secara <i>online</i>	Saat praktik
K	Mengerjakan <i>post-test</i>	Saat praktik
L	Mengerjakan dan mengirim tugas laporan	Setelah praktik
M	Melihat nilai	Setelah praktik
N	Keluar portal laboratorium virtual	Setelah praktik

A. Pemantauan Pengumuman

Mahasiswa perlu melakukan pemantauan terhadap pengumuman yang dibuat oleh dosen pengampu sesering mungkin agar selalu memperoleh informasi terbaru sebagai rujukan untuk mempersiapkan diri secara dini terhadap tugas-tugas praktik yang akan dilaksanakan.

B. Pengambilan Panduan Praktik *Online*

Panduan praktik *online* disediakan dalam bentuk *hardcopy* oleh dosen pengampu. Untuk memperolehnya, mahasiswa perlu mengambilnya di tempat yang telah ditentukan dan sesuai jadwal yang telah dibuat oleh dosen pengampu. Ketentuan pengambilan panduan ini tercantum pada pengumuman yang terpasang di papan-papan informasi laboratorium, program studi atau fakultas.

C. Instalasi Perangkat Pendukung

Sebelum melaksanakan praktik secara *online*, mahasiswa perlu menyiapkan perangkat pendukung yang diperlukan. Mahasiswa perlu menyediakan perangkat keras dengan spesifikasi seperti pada tabel 2 di atas. Setelah tersedia perangkat keras, mahasiswa perlu melakukan instalasi perangkat lunak pendukung yang diperlukan ke dalam laptop atau komputer *desktop* masing-masing. Prosedur instalasi program pendukung dapat diikuti sesuai dengan uraian pada bagian II di atas.

D. Pendaftaran Mahasiswa ke Admin Laboratorium Virtual

Agar dapat tergabung dalam kegiatan praktik *online* ini, mahasiswa harus melakukan pendaftaran ke portal laboratorium virtual. Jadwal pendaftaran tercantum pada pengumuman yang disampaikan dosen lewat papan informasi laboratorium, program studi atau fakultas. Untuk melakukan pendaftaran, lakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Pastikan anda telah memiliki *email account*.
2. Lakukan pendaftaran sebagai mahasiswa dengan mengirim email yang berisi: nama lengkap, nomor mahasiswa, program studi, nama praktik yang akan diikuti, dan nama dosen pengampu praktik, melalui email ke alamat **admin-elab@uad.ac.id**.
3. Setelah pengiriman permintaan tersebut dilakukan, admin akan mengatur keanggotaan anda di portal laboratorium virtual dan informasi *username* serta *password* akan dikirim kembali melalui alamat email anda.
4. Periksa *inbox email* anda setiap saat untuk memastikan bahwa *username* dan *password* telah dikirim oleh admin.
5. Setelah anda memperoleh *user name* dan *password* dari admin, masuk ke portal <http://elab.uad.ac.id>, pilih bahasa misalnya Indonesia, dan diteruskan dengan login sebagai mahasiswa.



Gambar 19. Tampilan Awal Portal Laboratorium Virtual

6. Isilah nama pengguna dan *password* sesuai informasi dari admin yang dikirim lewat email anda, dan selanjutnya **klik Login**.



Gambar 20. Halaman Untuk *Login* Instruktur ke Portal Laboratorium Virtual

E. Pemantauan Pengumuman Online

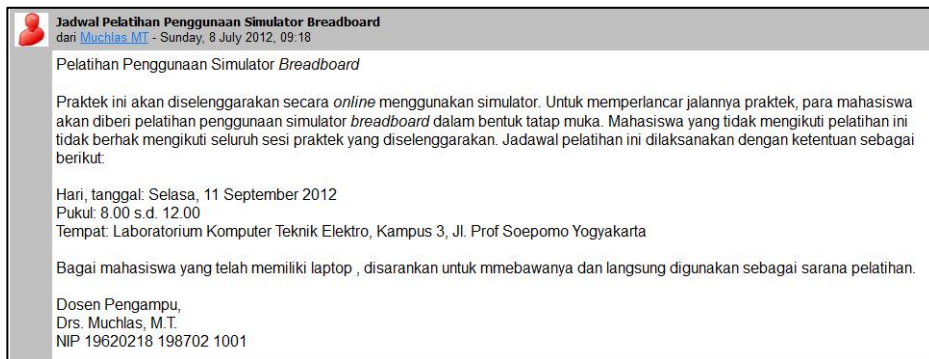
Setelah anda berhasil *login* ke portal laboratorium virtual, langkah awal yang perlu dilakukan adalah melihat pengumuman yang diberikan oleh dosen pengampu dan instruktur. Untuk melihat pengumuman lakukan langkah sebagai berikut.

1. *Login* ke portal laboratorium virtual sebagai mahasiswa dan pilih praktik yang sesuai, dalam hal ini adalah Praktik Teknik Digital.
2. Dari **Bagan Mingguan**, klik **Pengumuman**



Gambar 21. *Link* Untuk Melihat Pengumuman

3. Pengumuman dapat dibuat oleh dosen maupun instruktur. Pada contoh di atas, terdapat dua buah *link* untuk masuk ke pengumuman yang dibuat oleh dosen (baris bawah) dan *link* untuk masuk ke pengumuman yang dibuat instruktur (baris atas). Jika anda klik *link* pengumuman dari dosen maka akan tampil halaman pengumuman yang tidak menyediakan fasilitas tanggapan.



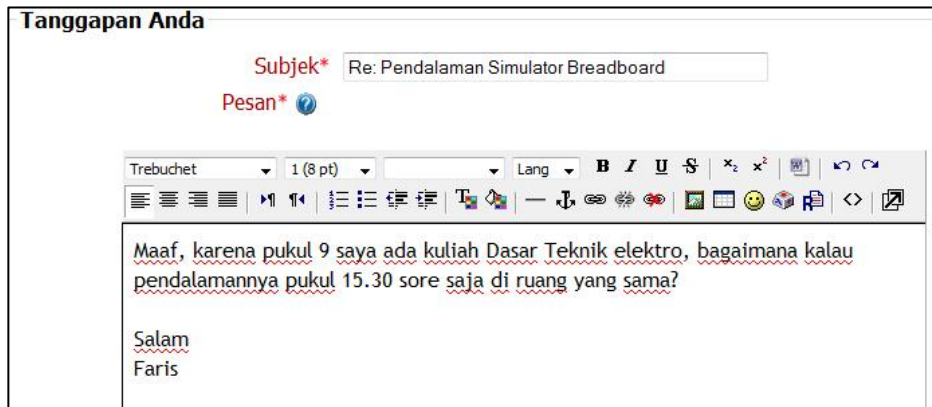
Gambar 22. Halaman Pengumuman Dari Dosen

4. Namun, jika anda klik pada *link* pengumuman dari instruktur, di dalamnya terdapat fasilitas untuk menanggapi. Jadi, halaman pengumuman dari instruktur dapat digunakan sebagai forum diskusi antara mahasiswa dengan instruktur.



Gambar 23. Halaman Pengumuman Dari Instruktur

5. Selanjutnya tulislah tanggapan anda pada halaman **Pesan** pada dan kirim dengan klik pada **Post to forum**.



Gambar 24. Halaman Untuk Menulis dan Mengirim Tanggapan

F. Kuliah Cara Pengoperasian Simulator *Breadboard*

Oleh karena pembelajaran praktik ini dilaksanakan secara *online* menggunakan simulator sebagai pengganti alat dan bahan-bahannya, maka sebelum melaksanakan praktik, mahasiswa harus memiliki keterampilan yang baik terlebih dahulu dalam penggunaan simulator. Kuliah ini diharapkan dapat mengantarkan mahasiswa memiliki keterampilan yang baik dalam pengoperasian program simulator *breadboard*. Sebelum praktik dilaksanakan, semua mahasiswa wajib mengikuti kuliah ini. Kuliah diberikan oleh dosen pengampu secara tatap muka sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan yakni pada sesi awal sebelum sesi-sesi praktik. Dalam kuliah ini, kelompok-kelompok mahasiswa akan didampingi oleh instruktur.

Sebelum mengikuti kuliah ini, mahasiswa diwajibkan mempelajari terlebih dahulu panduan pengoperasian simulator *breadboard*. Panduan dapat dibaca melalui halaman web dan diunduh dari portal laboratorium virtual. Panduan dapat dibaca dan diunduh dengan cara sebagai berikut:

1. *Login* ke portal laboratorium virtual sebagai instruktur dan diteruskan dengan memilih praktik yang sesuai.
2. Pada **Bagan Mingguan**, minggu pertama, klik **Panduan Simulator Breadboard (Online)**. Lihat lampiran 1 untuk melihat contoh *download*.

3. Untuk mengunduh panduan, dari halaman **Bagan Mingguan**, minggu pertama, klik **Panduan Simulator Breadboard (PDF)**

Pada saat kuliah ini, mahasiswa diharapkan telah mempelajari seluruh materi yang ada dalam panduan sehingga kuliah dapat dijalani dengan mudah dan lancar. Mahasiswa disarankan membawa sendiri perangkat laptop yang sudah dipasangi program pendukung yang diperlukan. Namun, apabila tidak memiliki perangkat sendiri, mahasiswa dapat menggunakan perangkat yang disediakan dosen dalam ruang laboratorium komputer. Dalam kuliah ini, kegiatan yang penting dari mahasiswa adalah: (1) mengunduh penginstal (*installer*) program pendukung yakni *Java Runtime Environment* (JRE) dan program simulator *breadboard* ke dalam komputer yang digunakan, (2) memasang program pendukung sebagai persyaratan operasi berjalannya simulator *breadboard* yakni program JRE, dan (3) berlatih menggunakan simulator *breadboard* dengan berbagai contoh yang disediakan dosen pengampu dan instruktur.

G. Kuliah Pembelajaran Praktik Online

Selain harus mengikuti kuliah penggunaan simulator yang diberikan pada minggu pertama, mahasiswa juga wajib mengikuti kuliah pembelajaran praktik *online* pada minggu kedua. Kuliah ini dilaksanakan secara tatap muka oleh dosen pengampu dan bertujuan: (1) memberikan orientasi kepada mahasiswa agar terbiasa menggunakan portal laboratorium virtual, dan (2) meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam menggunakan kelengkapan-kelengkapan praktik secara *online*.

Pada saat kuliah, mahasiswa diharapkan telah mempelajari dan memahami seluruh materi panduan pembelajaran praktik *online* ini dengan baik sehingga kuliah dapat dijalani dengan mudah dan lancar. Selain dalam bentuk *hardcopy*, materi pembelajaran pada kuliah ini juga tersedia dalam bentuk PDF yang dapat diunduh oleh mahasiswa dari portal laboratorium virtual.

Kegiatan mahasiswa yang penting dalam kuliah ini adalah: (1) mengenal garis besar aktivitas praktik *online*, (2) melakukan instalasi program pendukung pada komputer lokal yang digunakan, dan (3) berlatih melakukan simulasi kerja kolaborasi praktik *online* dengan dipandu oleh instruktur.

H. Pengumpulan Tugas Pendahuluan

Sebelum praktik dilaksanakan mahasiswa diwajibkan membuat tugas pendahuluan. Kegiatan penting bagi mahasiswa di sini adalah: (1) mengunduh *file* panduan praktik yang berisi materi tugas pendahuluan, satu minggu atau beberapa hari sebelum suatu sesi praktik dilaksanakan, (2) mempersiapkan desain/prosedur percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang diperlukan, (3) mengerjakan tugas pendahuluan dan mengunggahnya (*upload*) ke portal laboratorium virtual sesuai jadwal, dan (4) mengunduh (*download*) tugas pendahuluan yang telah dikoreksi oleh instruktur, memperbaikinya dan mengunggahnya kembali.

1. *Download* Panduan Praktik

Materi tugas pendahuluan telah disediakan oleh dosen pengampu dalam portal laboratorium virtual pada setiap sesi praktik, dan dapat dibaca serta diunduh oleh mahasiswa sesuai jadwal. Mahasiswa dapat melihat secara *online* dan mengunduh materi tugas pendahuluan tersebut melalui portal laboratorium virtual dengan cara sebagai berikut:

- a. *Login* ke portal laboratorium virtual dan pilih praktik yang sesuai
- b. Dari **Bagan Mingguan**, pada minggu ke tiga (untuk praktik ke-1), klik **Panduan Praktik Ke-1 (Online)**
- c. Untuk mengunduh panduan, dari **Bagan Mingguan**, pada minggu ke tiga (untuk praktik ke-1), klik **Panduan Praktik Ke-1 (PDF)**
- d. Lakukan prosedur yang sama untuk sesi-sesi praktik yang lain.

2. *Penyiapan* Prosedur Percobaan dan Tabel Pengamatan

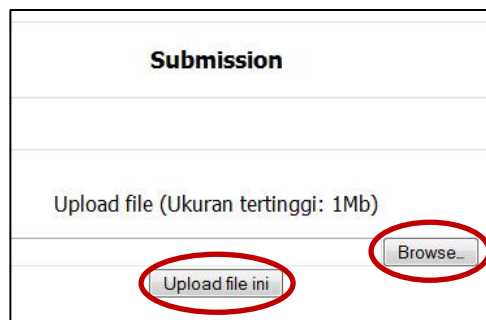
Oleh karena praktik ini menggunakan metode inkuiri, maka dosen hanya menyediakan tujuan praktiknya saja, sedangkan prosedurnya disusun sendiri oleh mahasiswa. Sebelum melaksanakan praktik, mahasiswa harus menyusun terlebih dahulu prosedur percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang diperlukan sesuai dengan tujuan praktik yang telah ditetapkan oleh dosen pengampu. Pemberian tugas penyusunan prosedur percobaan ini telah dicantumkan oleh dosen pengampu pada materi tugas pendahuluan setiap sesi praktik. Lakukan komunikasi secara *online* dan bila perlu secara tatap muka dengan instruktur

untuk memperoleh bimbingan seperlunya dalam penyusunan prosedur percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang diperlukan. Pastikan anda telah dapat menyusun kedua hal tersebut sebelum melaksanakan praktik.

3. Penyelesaian dan Pengiriman Tugas Pendahuluan

Penyelesaian tugas pendahuluan dilakukan oleh mahasiswa secara individual dan ditulis dalam bentuk *file Word* atau berekstensi DOC. Setelah tugas pendahuluan selesai dikerjakan, kirimlah tugas itu ke portal laboratorium virtual paling lambat dua hari sebelum praktik dilaksanakan. Untuk mengirim tugas pendahuluan, lakukan prosedur berikut ini.

- Login* ke portal laboratorium virtual dan pilih praktik yang sesuai.
- Dari **Bagan Mingguan**, pada minggu ke tiga (untuk praktik ke-1), klik **Tugas Pendahuluan Ke-1**.
- Pilih file yang akan diunggah dengan klik pada **Browse** dan **Upload file ini**.
- Lakukan prosedur yang sama untuk sesi-sesi praktik yang lain.



Gambar 25. Halaman Untuk *Upload* Tugas Pendahuluan

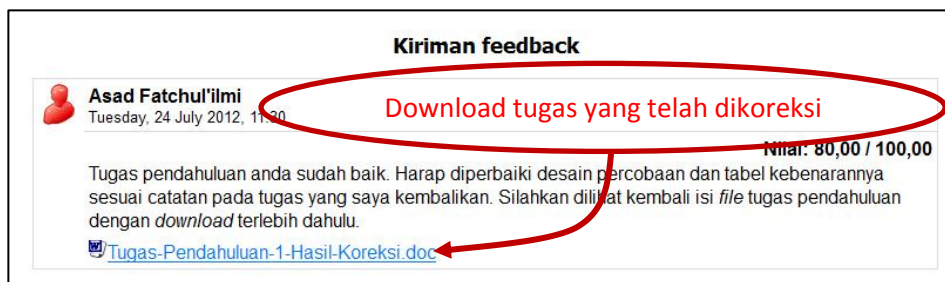
Perlu diperhatikan bahwa *upload* tugas pendahuluan tidak dapat dilakukan di luar jadwal yang telah ditentukan. Batas waktu akhir *upload file* tugas pendahuluan ini telah diatur oleh dosen pengampu, sehingga mahasiswa harus memastikan bahwa *upload* tugas pendahuluan dilakukan sesuai jadwal yang telah ditentukan.

4. Umpan Balik Instruktur dan Perbaikan Tugas Pendahuluan

Setelah batas waktu pengiriman terlampaui, tugas anda akan diunduh dan diperiksa oleh instruktur. Selanjutnya, instruktur akan memberikan umpan balik terhadap tugas pendahuluan yang anda kirimkan terutama tentang prosedur dan

tabel-tabel pengamatan yang akan digunakan dalam praktik. Jika umpan balik instruktur mengharuskan anda melakukan perbaikan, maka lakukanlah revisi terhadap tugas anda dan hasilnya dikirim kembali ke portal laboratorium virtual paling lambat satu hari sebelum pelaksanaan praktik. Untuk merevisi tugas pendahuluan, lakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. *Login* ke portal laboratorium virtual sebagai mahasiswa dan pilih praktik yang sesuai.
2. Dari **Bagan Mingguan**, pada minggu ke tiga (untuk praktik ke-1), klik **Tugas Pendahuluan Ke-1**.
3. Unduh tugas yang telah direvisi, dengan klik pada *link* **Tugas-Pendahuluan-1-Hasil-Revisi** pada halaman **Kiriman feedback**.



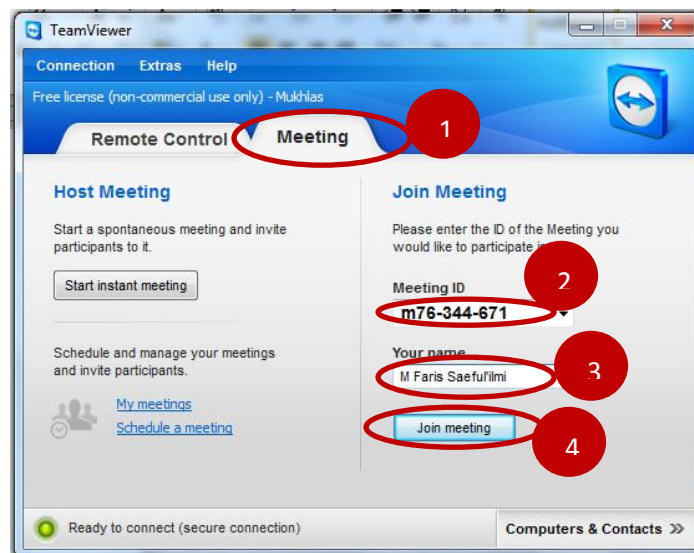
Gambar 26. *Link Untuk Download Tugas yang Telah Direvisi Instruktur*

4. Buka *file* tugas yang telah direvisi dan lakukan perbaikan sesuai saran instruktur yang ada pada *file* tersebut.
5. Setelah revisi selesai dilakukan, kirim kembali hasilnya ke portal laboratorium virtual dengan menggunakan prosedur seperti pada *upload* tugas pendahuluan di atas. Tugas pendahuluan yang sudah diperbaiki ini akan diunduh dan dibaca oleh instruktur dan akan memperoleh persetujuan terhadap prosedur percobaan dan tabel-tabel pengamatan yang telah anda susun.

I. Pelaksanaan *Pre-Test*

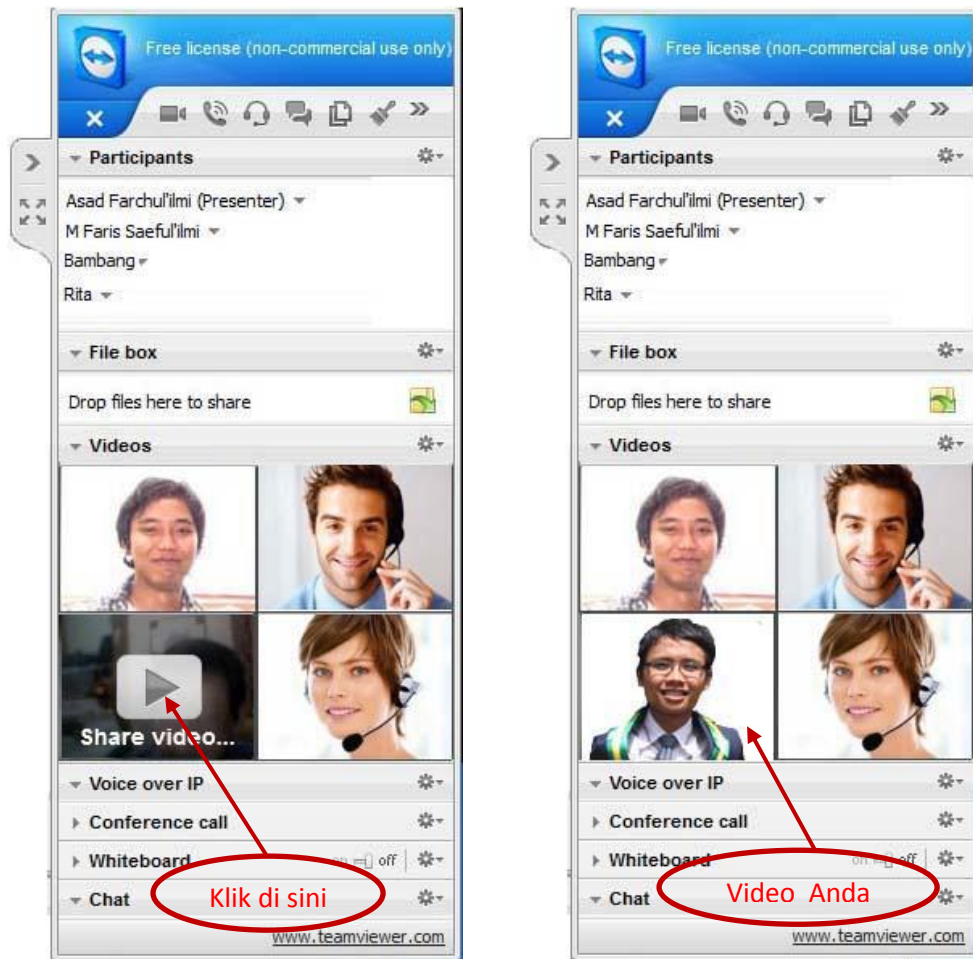
Sebelum melaksanakan praktik, mahasiswa diwajibkan mengerjakan *pre-test* terlebih dahulu. Oleh karena dilakukan secara *online*, maka pada saat *pre-test* berlangsung, anda akan dipantau oleh instruktur secara *online* pula melalui tayangan *video* secara langsung (*live*). Sebelum mengerjakan *pre-test*, lakukan pengaturan komputer anda terlebih dahulu dengan cara seperti berikut ini.

1. Pastikan pada komputer anda telah terpasang kamera atau *webcam*.
2. Pada saat yang telah ditentukan sesuai jadwal, *login* terlebih dahulu ke portal laboratorium virtual sebagai mahasiswa dan pilih jenis praktik yang sesuai.
3. Lakukan kontak terlebih dahulu dengan instruktur dan anggota lain dalam kelompok anda melalui fasilitas *chatting* dengan cara masuk ke halaman **Bagan Mingguan terlebih dahulu**, klik pada **Diskusi Antar Anggota Kelompok Praktik**, diteruskan dengan klik pada **Klik di sini untuk chat sekarang**.
4. Jalankan program *TeamViewer* dan sesaat pada layar anda akan ditampilkan jendela awal *TeamViewer* seperti berikut ini. Melalui *chatting*, mintalah *meeting ID* kepada instruktur. Klik pada **Meeting (langkah 1)** diteruskan dengan menuliskan *meeting ID* yang diberi oleh instruktur (**langkah 2**). Selanjutnya, tulislah nama anda anda (**langkah 3**), dan klik pada **Join meeting (langkah 4)**.



Gambar 27. Jendela Awal *TeamViewer*

5. Sesaat kemudian pada layar komputer anda akan muncul panel *TeamViewer* seperti di bawah ini. Anda harus melakukan *share* video agar video anda dapat dilihat oleh instruktur dengan cara klik pada **Share video**.
6. Atur posisi kamera agar kepala dan tangan anda dapat terlihat pada layar *video*, sehingga instruktur memperoleh kemudahan dalam melakukan pemantauan.

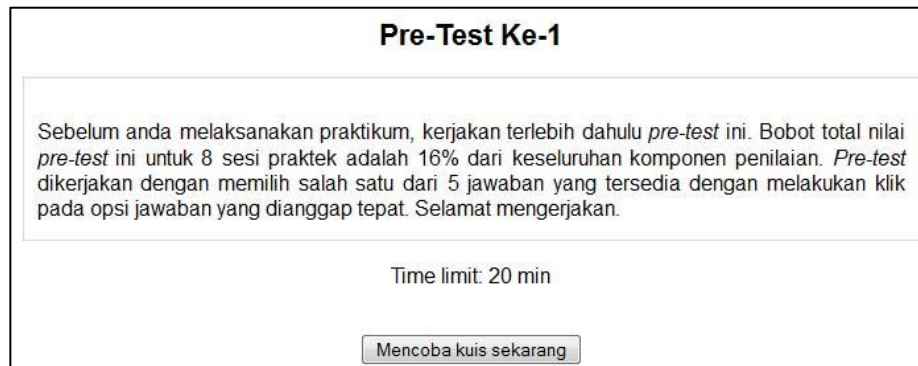


Gambar 28. Panel TeamViewer

7. Jika pada panel telah terdapat video semua anggota kelompok, maka anda siap dipantau oleh instruktur.
8. Tunggulah beberapa saat sampai instruktur memberikan perintah untuk mengerjakan *pre-test*.

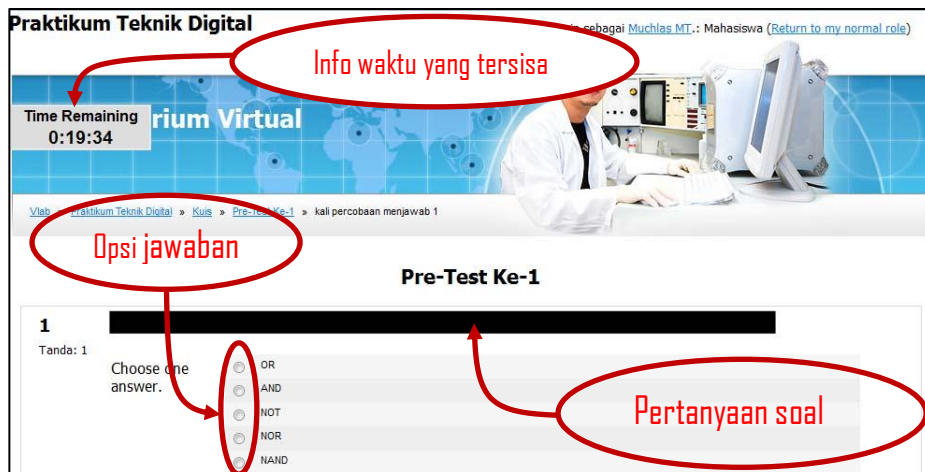
Jika telah ada perintah mengerjakan *pre test* dari instruktur lewat *chatting*, kerjakan *pre-test* dengan prosedur sebagai berikut.

1. *Login* ke portal laboratorium virtual sebagai mahasiswa dan pilih jenis praktik yang sesuai.
2. Dari **Bagan mingguan**, klik pada **link Pre-Test Ke-1** (untuk praktik ke-1).
3. Setelah anda masuk ke halaman Pre-Test, untuk memulai mengerjakan *pre-test*, klik pada **link Mencoba kuis sekarang** dan diteruskan dengan klik **OK**. Untuk menyelesaikan *pre-test* ini, anda akan diberi waktu sesuai dengan jumlah soal yang diberikan.



Gambar 29. Link Untuk Masuk ke *Pre-Test*

4. Semua soal *pre-test* diberikan dalam bentuk pilihan ganda dan untuk mengerjakannya klik pada tombol sebelah kiri pada pilihan jawaban yang dianggap benar.



Gambar 30. Halaman Untuk Mengerjakan *Pre-Test*

5. Jika anda telah mengerjakan semua soal yang ada, akhiri dengan klik pada **Submit all and finish** diteruskan dengan klik **OK**.
6. Selanjutnya anda akan diberi tampilan ringkasan usaha anda dalam mengerjakan *pre-test* tersebut. Tampilan tersebut berisi nilai hasil *pre-test* anda dan informasi bahwa anda hanya diberi kesempatan mengerjakan *pre-test* ini satu kali saja setiap sesi praktik.

Time limit: 20 min			
Summary of your previous attempts			
kali percobaan menjawab	Selesai	Tanda / 10	Nilai / 100
1	Thursday, 26 July 2012, 06:03	8	80
Tidak ada lagi kesempatan untuk menjawab kuis ini			
<div> Nilai akhir Anda untuk kuis ini adalah 80 / 100 </div>			
<div> lanjut </div>			

Gambar 31. Halaman Untuk Menampilkan Ringkasan Hasil Pre-Test

7. Untuk kembali ke **Bagan mingguan** klik *link Lanjut*.
8. Setelah selesai mengerjakan *pre-test*, pertahankan agar program TeamViewer tetap berjalan pada komputer anda.

J. Pelaksanaan Praktik

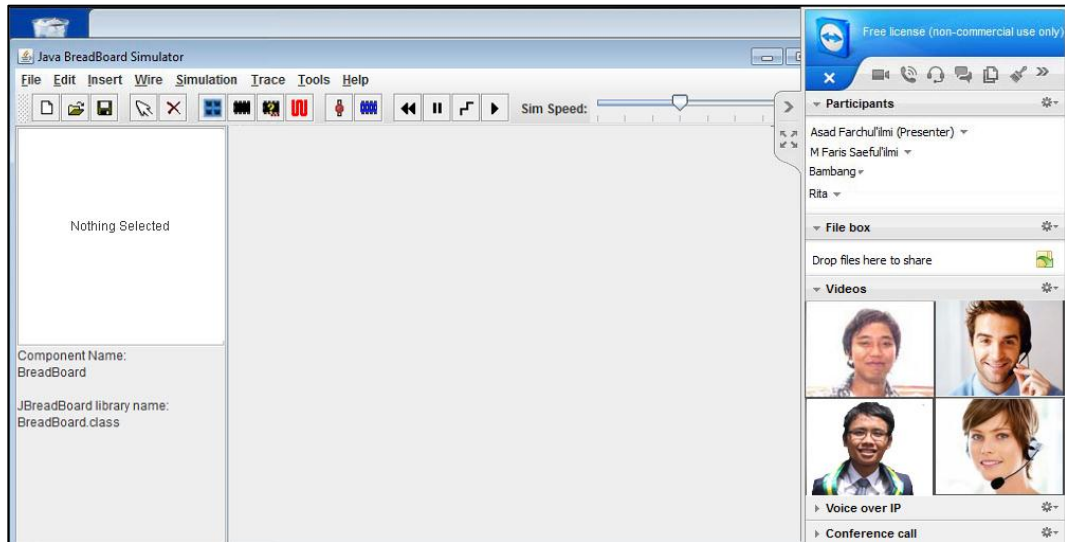
Praktik dilaksanakan dengan menggunakan simulator *breadboard* secara *online*. Kegiatan praktik ini menekankan adanya kerjasama atau kolaborasi antar anggota kelompok dalam melakukan percobaan. Kolaborasinya dilakukan secara *online* sinkron sehingga mahasiswa harus memanfaatkan semua fasilitas komunikasi sinkron yang ada seperti *chatting* dan *video conference*.

1. Akses Jarak Jauh Terhadap Simulator

Untuk menciptakan lingkungan praktik yang memungkinkan terjadinya kegiatan kolaborasi secara *online*, sebelum praktik dilaksanakan, instruktur akan menjalankan simulator *breadboard* pada komputernya yang dapat diakses dari jarak jauh oleh semua anggota kelompok praktik. Untuk dapat mengakses simulator *breadboard* pada *desktop* komputer instruktur, lakukan prosedur sebagai berikut.

- a. Pastikan anda telah menjalankan program *TeamViewer* dan berperan sebagai *participant* dari kegiatan *online meeting* yang diselenggarakan oleh instruktur seperti pada kegiatan **Kegiatan Pre-Test** di atas.
- b. Jika karena suatu sebab, anda telah keluar dari *meeting*, lakukanlah *join meeting* kembali dengan prosedur seperti pada **Kegiatan Pre-Test** di atas. Apabila anda telah bergabung dalam *meeting* yang diselenggarakan instruktur,

maka anda akan dapat melihat tampilan *desktop* komputer instruktur pada layar komputer anda seperti gambar di bawah ini. Instruktur telah mengatur agar anda dapat melakukan akses jarak jauh terhadap *desktop* tersebut.



Gambar 32. Pada Komputer Instruktur yang Dapat Diakses Mahasiswa

2. Komunikasi Dalam Pembimbingan Praktik

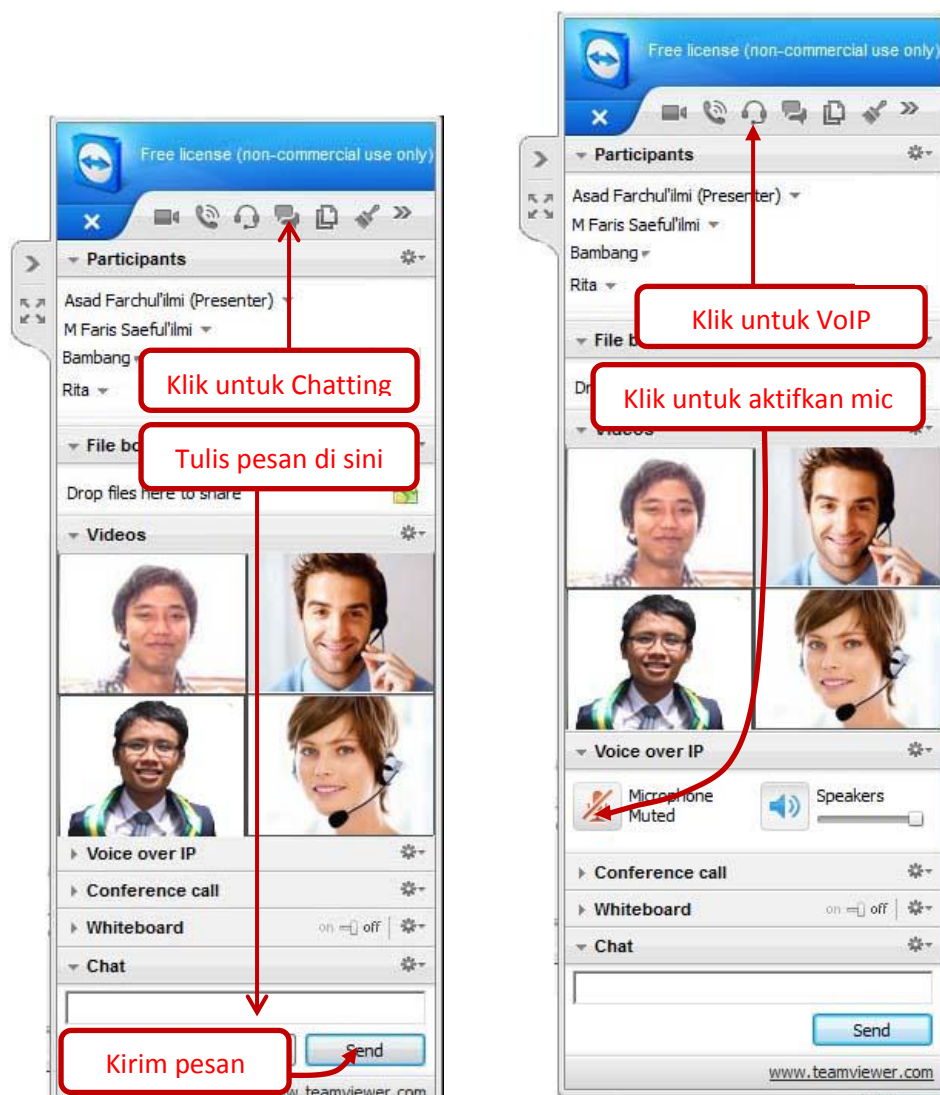
Setelah anda dapat mengakses simulator, siapkan tabel-tabel pengamatan yang telah anda buat pada tugas pendahuluan dengan membukanya melalui aplikasi *Word*. Mulailah menjalankan praktik sesuai dengan prosedur yang telah anda rancang. Setiap kali anda memperoleh data dari praktik yang dilakukan, masukkan data tersebut ke dalam tabel pengamatan diteruskan dengan menyimpannya ke dalam *file* dengan nama misalnya **laporan-sementara-1.doc**. *File* ini merupakan laporan sementara anda yang nantinya harus ditunjukkan kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan sebelum anda mengakhiri praktik.

Karena praktik ini menuntut adanya kerja kolaborasi, maka setiap anggota kelompok harus aktif saling bekerjasama secara *online* dalam menyusun rangkaian maupun mengukur data-data percobaan. Anda dapat menggunakan semua sarana komunikasi *online* yang disediakan dalam menjalankan praktik secara kolaboratif ini.

Jika anda dan anggota lainnya merasa kesulitan atau menghadapi masalah dalam melakukan praktik, lakukan konsultasi dengan instruktur melalui berbagai fasilitas komunikasi yang ada. Dalam melakukan komunikasi dengan instruktur dan anggota kelompok lain, anda dapat menggunakan fasilitas *chatting* yang ada pada portal laboratorium virtual, atau anda juga dapat menggunakan fasilitas komunikasi

yang disediakan TeamViewer seperti *chatting*, *voice over IP*, maupun *video conference*.

Penggunaan *chatting* pada panel TeamViewer dilakukan dengan klik terlebih dahulu pada ikon *chat* di bagian atas panel. Selanjutnya tulis pesan yang akan disampaikan pada tempat yang tersedia dan kirimlah pesan dengan klik **Send**. Anda juga dapat menggunakan fasilitas *video conference* dengan menggabungkan aplikasi tayangan video dan *voice over internet protocol* (VoIP) dengan mengaktifkan terlebih dahulu *mic* yang akan digunakan.

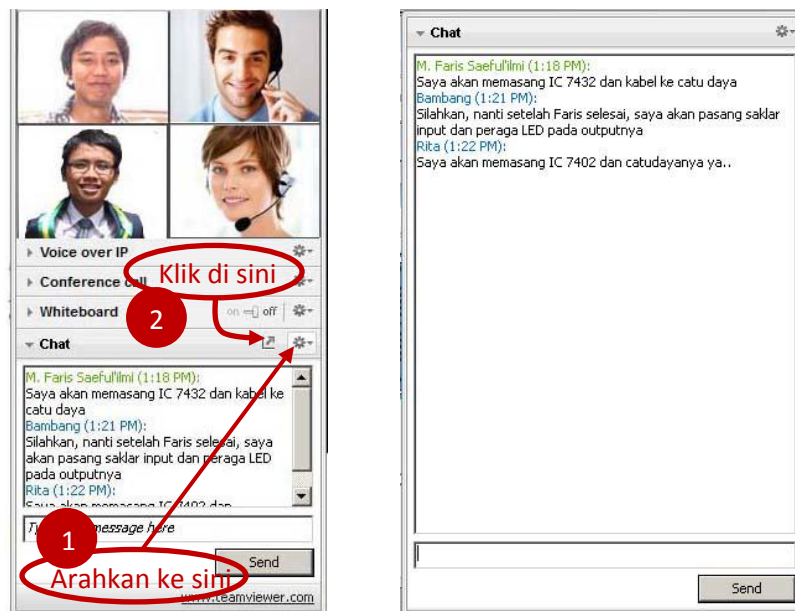


Gambar 33. Pengaturan Fasilitas *Chatting* dan VoIP Pada Panel TeamViewer

3. Pemantauan dan Penilaian Praktik

Instruktur akan melakukan penilaian terhadap kegiatan praktik yang anda lakukan. Selama praktik berlangsung, instruktur akan memantau aktivitas anda dalam mengakses simulator *breadboard* dan berdiskusi dengan sesama anggota kelompok lewat *chatting*. Oleh sebab itu, untuk keperluan penilaian, setiap kali akan melakukan kegiatan praktik seperti memasang IC pada papan *breadboard*, anda diwajibkan mengirim pesan terlebih dahulu lewat *chatting* pada panel *TeamViewer* yang menunjukkan anda akan melakukan suatu aktivitas. Dengan demikian instruktur akan mengetahui bahwa aktivitas yang sedang dijalankan adalah aktivitas anda.

Penggunaan fasilitas *chatting* akan lebih mudah jika digunakan tayangan dalam bentuk jendela. Untuk memunculkan jendela ruang *chatting*, arahkan kursor ke tombol **Options** dan jika muncul tanda panah, klik pada tanda panah tersebut.



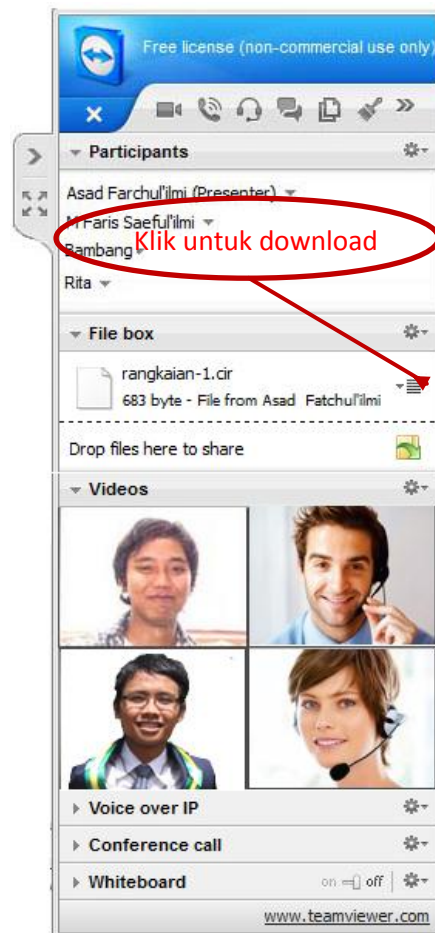
Gambar 34. Pengaturan Tayangan Ruang *Chatting* Pada Panel *TeamViewer*

Contoh *chatting* di atas menunjukkan bahwa sebelum anda melakukan langkah-langkah percobaan seperti memasang IC dan catu daya, anda mengirim pesan terlebih dahulu tentang langkah-langkah yang akan anda lakukan tersebut. Dengan cara ini maka instruktur menjadi mudah dalam melakukan pengamatan terhadap aktivitas anda.

4. Dokumentasi Praktik

Setiap selesai melaksanakan percobaan dengan suatu rangkaian, sebelum simulator digunakan untuk rangkaian lainnya, ketua kelompok wajib menyimpan rangkaian tersebut ke dalam *folder* pada komputer instruktur secara *remote*. *File* rangkaian percobaan disimpan pada *directory/folder default* yang telah diatur oleh simulator *breadboard* yakni **JavaBreadBoard1_11\build\classes\circuits**.

File yang telah disimpan tersebut oleh instruktur akan diatur agar dapat diunduh oleh setiap anggota kelompok. Sebelum mengakhiri kegiatan praktik, unduh semua *file* tersebut ke dalam komputer anda dengan cara klik pada tanda panah di sebelah kanan nama *file* pada menu *File box* dari panel *TeamViewer*.



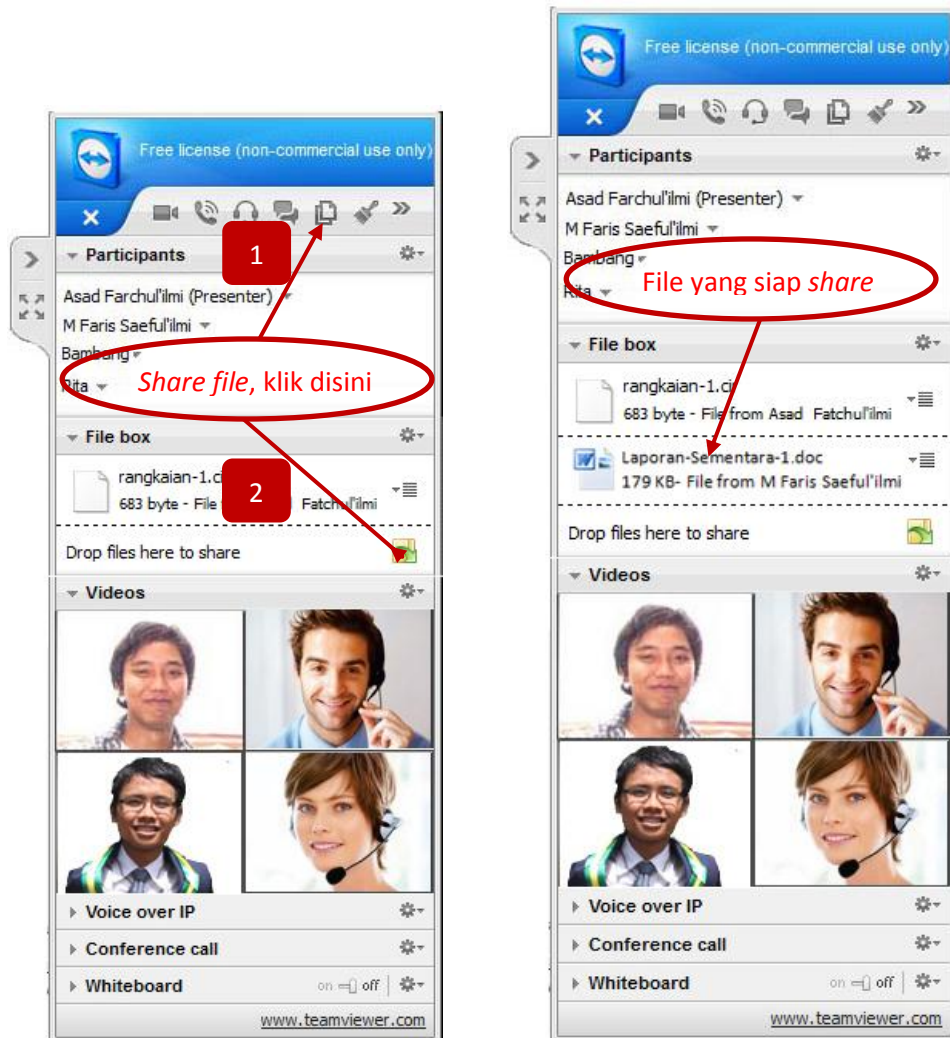
Gambar 35. Cara Mengunduh File Hasil Praktik

5. Persetujuan Laporan Sementara

Sebelum kegiatan praktik diakhiri, ketua kelompok praktik wajib menunjukkan laporan sementara kepada instruktur untuk memperoleh

persetujuan. Laporan sementara adalah tabel-tabel pengamatan yang berisi data-data hasil percobaan. Untuk memperoleh persetujuan instruktur, ketua kelompok praktik harus melakukan *share* dokumen laporan sementara agar dapat diunduh dan diperiksa oleh instruktur dengan cara sebagai berikut.

- a. Dari panel *TeamViewer* klik ikon *File box* di bagian atas (**langkah 1**), .



Gambar 36. Pengaturan Penempatan *Shared File* Laporan Sementara

- b. Selanjutnya, lakukan penempatan *file* laporan sementara anda (dalam contoh ini nama *file* adalah laporan-sementara-1.doc) pada baris yang tersedia dengan cara klik pada tanda panah di baris yang bertuliskan **Drop files here to share** (**langkah 2**). Dengan cara ini, instruktur dapat mengunduh *file* tersebut untuk diperiksa. Tunggu konfirmasi dari instruktur. Jika laporan anda

dipandang belum cukup, instruktur akan memberikan saran-saran perbaikan dan sekiranya instruktur memandang cukup maka akan diberikan persetujuan melalui *chatting*. Anda dapat mengakhiri kegiatan praktik setelah laporan sementara disetujui instruktur.

K. Pelaksanaan *Post-Test*

Setelah selesai melaksanakan praktik, mahasiswa diwajibkan mengerjakan *post-test* secara *online*. Seperti halnya pada *pre-test*, selama mengerjakan *post-test* mahasiswa juga akan dipantau oleh instruktur melalui *live video* oleh instruktur. Oleh sebab itu, pastikan anda tergabung dengan *online meeting* yang diselenggarakan instruktur. Prosedur persiapan dan pelaksanaan *post-test* dapat diikuti seperti pada pelaksanaan *pre-test* di atas. *Link* untuk masuk ke halaman *post-test* adalah **Post-Test Ke-1** (untuk praktik ke-1). Setelah anda menyiapkan perangkat pemantauan, mulailah mengerjakan *post-test* dengan klik pada *link* tersebut. Selanjutnya ikuti prosedur seperti pada *pre-test*.

L. Pengiriman Tugas Laporan

Setelah melaksanakan praktik, mahasiswa wajib menyusun laporan yang bersifat individual dan selanjutnya dikirim ke portal laboratorium virtual melalui proses *upload* paling lambat satu hari sebelum pelaksanaan sesi praktik berikutnya. Laporan tersebut nantinya akan diunduh dan dinilai oleh instruktur. Setelah instruktur melakukan penilaian, anda akan diberi umpan balik terhadap tugas laporan yang telah dikoreksi tersebut. Prosedur pengiriman tugas laporan ke portal laboratorium virtual sama dengan prosedur pada tugas pendahuluan.

M. Pemantauan Nilai

Pada setiap akhir kegiatan, mahasiswa dapat melihat nilai yang diperoleh dari kegiatan tersebut. Untuk melihat nilai, lakukan cara-cara berikut ini.

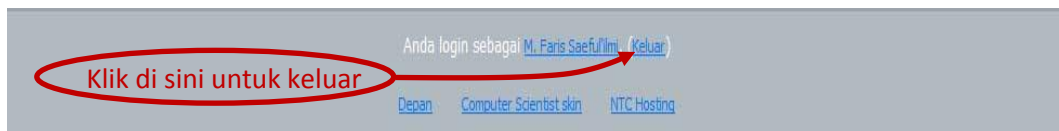
1. *Login* sebagai mahasiswa ke portal laboratorium virtual, dan pilih jenis praktik yang sesuai.
2. Pada menu Administrasi, klik **Nilai**, maka akan ditampilkan jendela sebagai berikut.

User report - M. Faris Saeful'ilmi			
Grade item	Nilai	Range	Feedback
Praktikum Teknik Digital			
Pre-Test Ke-1	70,00	0,00–100,00	
Post-Test Ke-1	50,00	0,00–100,00	
Tugas Pendahuluan Ke-1	82,00	0,00–100,00	Tugas pendahuluan anda sudah baik. Harap diperbaiki desain percobaan dan tabel kebenarannya sesuai catatan pada tugas yang saya kembalikan. Silahkan dilihat kembali isi file tugas pendahuluan dengan <i>download</i> terlebih dahulu.
Kegiatan Praktek Ke-1	75,00	0,00–100,00	
Tugas Laporan Ke-1	70,00	0,00–100,00	Laporan anda sudah baik, namun beberapa bagian perlu disempurnakan. Saran-saran terdapat pada laporan yang sudah dikoreksi.
Tugas Pendahuluan Ke-2	75,00	0,00–100,00	Tugas pendahuluan anda perlu diperbaiki pada bagian prosedur percobaan dan tabel pengamatan yang akan digunakan. Lihat saran-saran perbaikannya pada file terlampir.
Kegiatan Praktek Ke-2	87,00	0,00–100,00	
Course total	83,97	0,00–100,00	

Gambar 37. Halaman Untuk Melihat Nilai

N. Keluar Portal

Untuk keluar (*logout*) dari portal laboratorium virtual, anda cukup klik *link Keluar* yang terdapat di bagian bawah setiap halaman portal.



Gambar 38. Link Untuk Keluar Portal Laboratorium Virtual

Akhir Panduan

DAFTAR PUSTAKA

- Adobe. (2012). *Acrobat Help: Install Adobe Reader X in Windows*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://helpx.adobe.com/acrobat/kb/install-reader-x-windows.html>
- Anderson, T. (2008). *The theory and practice of online learning*. Edmonton: AU Press, Athabasca University.
- Bailey, C. & Freeman, M. J. (2010). A Java bread-board simulator: Digital circuit simulation with an open-source toolset. *IADIS International Journal on Computer Science and Information System*, Volume VV, 1, 13-25.
- Sun Microsystems, Inc. (2012). *How do I manually download and install Java for my Windows computer?* Diambil pada 17 Mei 2012 dari http://www.java.com/en/download/help/windows_manual_download.xml
- Freeman, M. 2010. *Getting started with java bread board in windows*. Heslington: Department of Computer Science The University of York.
- Glass, N. *Java breadboard simulator user guide*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://www.cs.binghamton.edu/~sgreene/jbreadboard/guide2.html>.
- Glass, N. *Java breadboard simulator demo circuits*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://www.cs.binghamton.edu/~sgreene/jbreadboard/demo.html>.
- Mason, R. & Rennie, F. (2006). *Elearning: The key concepts*. New York: Routledge.
- Mozilla Foundation. (2012). *Install Firefox on Windows*. Diambil pada 17 Mei 2012 dari <http://support.mozilla.org/en-US/kb/install-firefox-windows>
- Team Viewer GmbH. (2012). *Team Viewer 7 Manual: Meeting*. Goppingen: TeamViewer GmbH.
- Team Viewer GmbH. (2012). *Team Viewer 7 Manual: Remote Control*. Goppingen: TeamViewer GmbH.

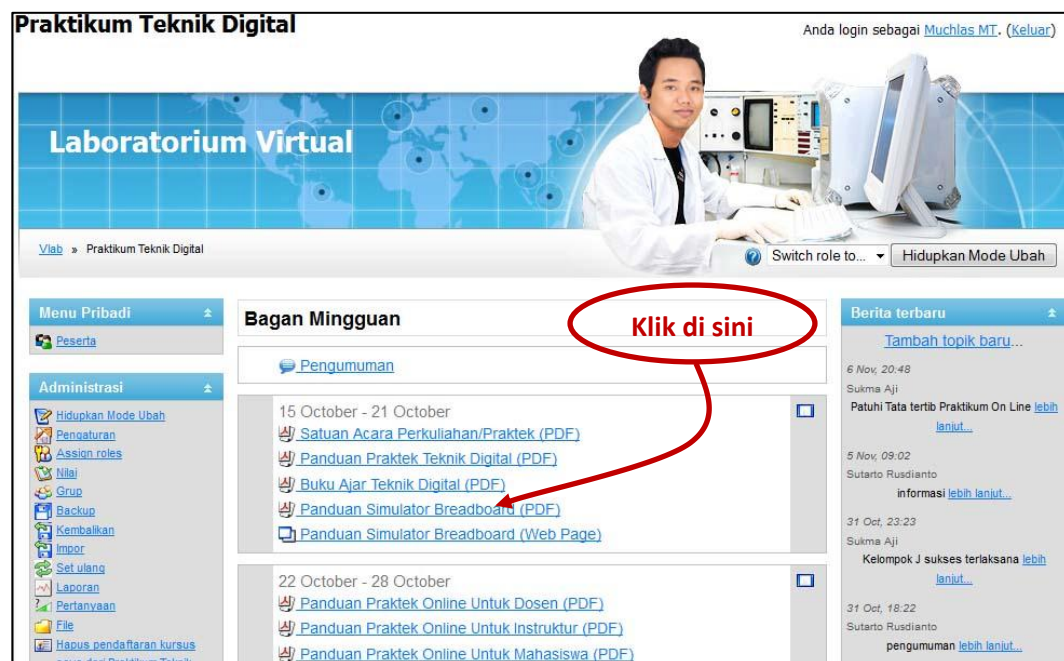
Lampiran 1.

Contoh Prosedur *Download* Materi Praktik

Setelah login ke portal laboratorium virtual sebagai mahasiswa, anda akan melihat materi-materi praktik yang diperlukan terpasang pada bagan mingguan minggu pertama dan minggu kedua. Pada minggu pertama terdapat materi Satuan Acara Perkuliahan/Praktik (SAP) Teknik Digital, Panduan Praktik Teknik Digital, Buku Ajar Teknik Digital dan Panduan Pengoperasian Simulator *Breadboard*. Sedangkan pada minggu kedua, tersedia materi Panduan praktik *Online* Untuk Dosen, Instruktur dan Mahasiswa.

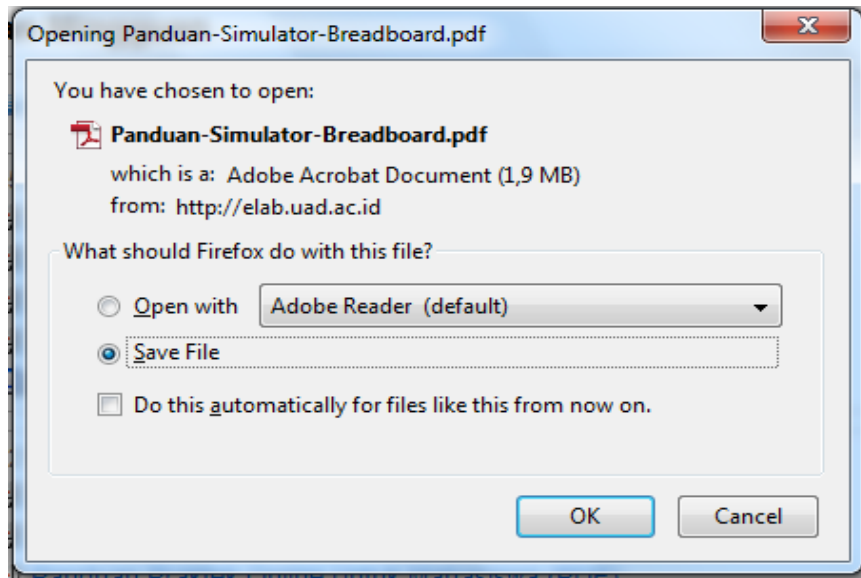
Softcopy dari materi-materi praktik tersebut, dapat diperoleh melalui *download* dengan prosedur sebagai berikut.

1. Untuk memperoleh **Panduan Simulator Breadboard dalam format PDF**, pada **Bagan Mingguan**, minggu pertama, klik **Panduan Simulator Breadboard (PDF)**.

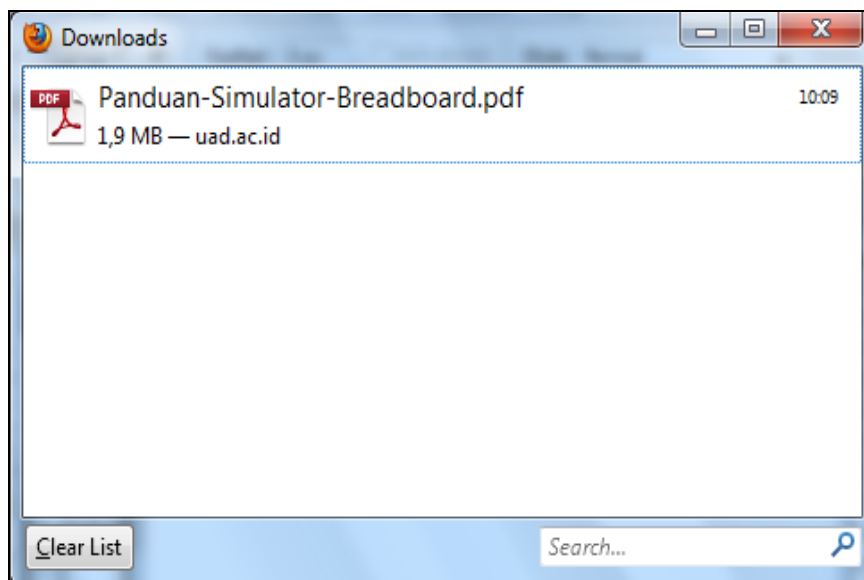


2. Selanjutnya, akan muncul jendela seperti berikut ini.

Lanjutan Lampiran 1.



3. Pilih Save File dan klik OK, maka file akan tersimpan pada folder download yang ditandai oleh munculnya jendela seperti berikut ini.



4. Untuk membukanya anda dapat melakukan klik *double* pada *file* tersebut, dan melalui PDF *Reader* anda juga dapat menyimpannya ke *folder* yang diinginkan.

Lampiran 2.

Contoh Tampilan Untuk Sesi Praktik Ke-7

Untuk suatu minggu yang menyediakan sesi praktik, maka setelah mahasiswa login ke portal laboratorium virtual, pada bagan mingguan akan terlihat menu-menu praktik *online* yang akan mengarahkan mahasiswa dalam menjalankan praktik. Dalam contoh ini, sesi praktik yang disediakan adalah sesi ke-7 yang diselenggarakan antara tanggal 10 sampai dengan 16 Desember.



Praktik dijalankan dengan urutan, mengerjakan dan mengirim tugas pendahuluan, mengerjakan *pre-test*, melaksanakan praktik dengan kerja kelompok secara *online*, mengerjakan *post-test* dan mengerjakan serta *upload* tugas laporan.



Modul 8

Panduan Praktik Teknik Digital

Untuk Mahasiswa Teknik Elektro
dan Program Studi Serumpun

Muchlas

Modul 8

Panduan Praktik Teknik Digital

Untuk Mahasiswa Teknik Elektro
dan Program Studi Serumpun

Muchlas

PENGANTAR

Materi-materi praktik yang ada pada buku panduan ini disesuaikan dengan materi-materi kuliah Teknik Digital pada Program Studi Teknik Elektro mencakup Watak Gerbang Logika Dasar, Minimalisasi Rangkaian Logika, Komparator dan Penjumlah Biner, Multiplekser dan Demultiplekser, Enkoder dan Dekoder, Flip-flop, Pencacah, dan Register.

Panduan ini tidak memberikan uraian teori lengkap, melainkan hanya sebagian saja berupa suatu deskripsi topik praktik. Hal ini dilakukan agar sebelum suatu praktik dilaksanakan, para peserta terdorong untuk belajar secara mandiri tentang teori yang digunakan. Tanpa persiapan pemahaman yang baik terhadap teori pendukungnya, praktik ini tidak dapat dilaksanakan dengan baik dan benar. Metode pelaksanaan praktik yang digunakan adalah inkuiri terbimbing, dengan demikian mahasiswa diberi kebebasan untuk menentukan sendiri prosedur percobaan yang dijalannya. Mahasiswa peserta praktik sangat disarankan untuk berdiskusi secara intensif dengan instruktur pendamping sebelum, selama dan sesudah pelaksanaan praktik.

Kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan panduan ini dan membantu uji coba peralatan praktik, diucapkan terima kasih. Semoga bantuan tersebut menjadi amal sholeh dan mendapat imbalan pahala dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Dengan berbagai kekurangannya, panduan ini diharapkan dapat memberikan manfaat sesuai dengan fungsinya. Masukan-masukan dari siapapun akan sangat dinanti demi perbaikan panduan praktik ini.

Yogyakarta, September 2012

Muchlas

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
PERCOBAAN I WATAK GERBANG LOGIKA DASAR	1
PERCOBAAN II PERANCANGAN LOGIKA KOMBINASI	5
PERCOBAAN III KOMPARATOR DAN PENJUMLAH BINER	9
PERCOBAAN IV MULTIPLIKESER DAN DEMULTIPEKSER	14
PERCOBAAN V ENKODER DAN DEKODER	17
PERCOBAAN VI FLIP-FLOP	20
PERCOBAAN VII PENCACAH	25
PERCOBAAN VIII REGISTER	29

PERCOBAAN I

WATAK GERBANG LOGIKA DASAR

A. DESKRIPSI

Gerbang logika dasar OR, AND, dan NOT maupun gerbang universal NOR dan NAND sangat penting peranannya di dalam perancangan suatu rangkaian digital. Oleh sebab itu, pemahaman secara komprehensif terhadap watak setiap gerbang-gerbang logika tersebut sangat diperlukan.

Watak gerbang logika atau juga rangkaian logika pada umumnya, diketahui atau dipelajari melalui tabel kebenaran (*truth table*) yang dimilikinya, yakni suatu tabel yang mengekspresikan hubungan antara masukan (input) dengan keluaran (output) gerbang atau rangkaian logika. Secara teoritis, tabel kebenaran suatu gerbang atau rangkaian logika dapat disusun berdasarkan ekspresi Boole yang dimilikinya. Selain menggunakan tabel kebenaran, watak gerbang atau rangkaian logika juga dapat dikenali melalui diagram waktunya.

Pada percobaan ini Anda akan menyelidiki watak setiap gerbang logika dasar dan gerbang-gerbang universal dengan menentukan tabel kebenarannya secara eksperimen. Gerbang-gerbang yang diselidiki semuanya dari jenis TTL (*transistor-transistor logic*) dalam bentuk rangkaian terintegrasi.

B. TUJUAN

Melalui praktikum ini diharapkan Anda dapat:

1. menentukan watak gerbang-gerbang logika dasar dan universal secara eksperimen
2. membuktikan universalitas gerbang NOR dan NAND

C. ALAT DAN BAHAN

Alat dan bahan praktikum ini meliputi:

1. IC TTL 7432 (OR), 7408 (AND), 7404 (NOT), 7402 atau 7428 (NOR), 7400 (NAND), masing-masing 1 buah
2. *DIP Switch* tunggal dan ganda masing-masing 1 buah, indikator LED 5 buah
3. *Breadboard*, catu daya +5V, dan kabel penghubung

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Gambarkan simbol gerbang-gerbang logika dasar OR, AND dan NOT serta gerbang universal NOR dan NAND!
2. Berdasarkan operasinya, sebutkan definisi masing-masing gerbang logika tersebut!
3. Tuliskan ekspresi Boole dari masing-masing gerbang logika tersebut!
4. Isilah tabel kebenaran berikut ini:

INPUT		OUTPUT				
A	B	OR	AND	NOT A	NOR	NAND
0	0					
0	1					
1	0					
1	1					

5. Susunlah rangkaian logika untuk menggantikan fungsi gerbang OR-2 input dan gerbang AND-2 input, serta gerbang NOT masing-masing menggunakan gerbang NAND dan NOR!
6. Sebutkan nomor seri IC TTL untuk gerbang OR, AND, NOT, NOR dan NAND serta gambarkan konfigurasi pin masing-masing IC tersebut!
7. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk:
 - a. menentukan watak gerbang OR, AND, NOT, NOR dan NAND!
 - b. membuktikan bahwa gerbang NOR dan NAND bersifat universal, artinya semua gerbang logika dasar (OR, AND dan NOT) dapat dibuat dengan NAND saja atau NOR saja!

E. PROSEDUR

1. Menentukan watak gerbang logika dasar dan universal:
 - a. Susun rangkaian gerbang OR-2 input, AND-2 input, NOT, NOR-2 input dan NAND-2 input di atas papan *breadboard*
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan

- c. Pasang saklar logika pada setiap input gerbang dan indikator LED pada setiap output gerbang
 - d. Melalui saklar logika, berikan kombinasi nilai logika yang mungkin pada inputnya dan amati outputnya pada setiap gerbang yang ada
 - e. Catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan
2. Membuktikan bahwa semua gerbang logika dasar (OR, AND dan NOT) dapat dibuat dengan NAND saja atau NOR saja:
- a. Susun rangkaian OR asli, rangkaian OR menggunakan gerbang NAND, dan rangkaian OR menggunakan gerbang NOR di atas papan *breadboard*
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan
 - c. Pasang saklar logika pada setiap input gerbang dan indikator LED pada setiap output gerbang
 - d. Melalui saklar logika, berikan kombinasi nilai logika yang mungkin pada inputnya dan amati outputnya pada setiap gerbang yang ada
 - e. Catat hasilnya pada tabel pengamatan
 - f. Ulangi langkah-langkah di atas untuk gerbang AND dan NOT
3. Sebelum mengakhiri praktik, tunjukkan data-data hasil pengamatan anda kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan.

F. TUGAS LAPORAN

Buatlah tugas laporan praktik dengan sistematika: (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan.

Latar belakang berisi uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan. Bagian tujuan, alat dan bahan diuraikan sesuai dengan uraian pada panduan ini. Uraian tentang prosedur percobaan diambil dari tugas pendahuluan dan pengalaman anda dalam melaksanakan percobaan. Analisis data berisi perhitungan sesuai tujuan praktik, dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.

Diskusi merupakan pembahasan terhadap hasil analisis data dan kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil diskusi. Dalam percobaan ini diskusi diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah watak gerbang logika dasar OR, AND dan NOT?
2. Bagaimanakah watak gerbang logika universal NOR dan NAND?
3. Dari hasil membandingkan antara tabel kebenaran yang diperoleh secara eksperimen dengan tabel kebenaran secara teoritik berdasarkan ekspresi Boole untuk masing-masing gerbang, apakah diperoleh hasil yang sama? Jadi tabel kebenaran dapat diperoleh melalui cara apa saja?
4. Dari hasil membandingkan tabel kebenaran OR asli dengan tabel kebenaran OR menggunakan gerbang NAND dan OR menggunakan gerbang NOR, apakah diperoleh hasil yang sama? Apakah gerbang OR bisa digantikan oleh rangkaian dengan gerbang NAND saja? Apakah gerbang OR bisa digantikan oleh rangkaian dengan gerbang NOR saja?
5. Dari hasil membandingkan tabel kebenaran AND asli dengan tabel kebenaran AND menggunakan gerbang NOR, dan AND menggunakan gerbang NAND, apakah diperoleh hasil yang sama? Apakah gerbang AND bisa digantikan oleh rangkaian dengan gerbang NAND saja? Apakah gerbang AND bisa digantikan oleh rangkaian dengan gerbang NOR saja?
6. Dari hasil membandingkan tabel kebenaran gerbang NOT asli dengan tabel kebenaran NOT menggunakan gerbang NAND dan NOT menggunakan gerbang NOR, apakah diperoleh hasil yang sama? Apakah gerbang NOT bisa digantikan oleh rangkaian dengan gerbang NAND saja? Apakah gerbang NOT bisa digantikan oleh rangkaian dengan gerbang NOR saja?
7. Berdasarkan jawaban pertanyaan 4, 5, dan 6, bersifat apakah gerbang NOR dan NAND itu? Bagaimana kesimpulan Anda terhadap peranan kedua gerbang tersebut dalam perancangan rangkaian digital?

PERCOBAAN II

PERANCANGAN RANGKAIAN LOGIKA KOMBINASI

A. DESKRIPSI

Perancangan rangkaian logika yang kompleks akan melibatkan banyak gerbang logika dasar sebagai pembentuk rangkaian yang dirancang. Untuk keperluan efisiensi, baik dari segi biaya maupun teknis perancangan, seringkali dilakukan penyederhanaan atau minimalisasi rangkaian logika. Prosedur minimalisasi merupakan salah satu azas perancangan rangkaian logika yang selalu digunakan untuk memperoleh rancangan rangkaian yang kompak dan murah. Prosedur ini dapat mencakup minimalisasi dalam jumlah gerbang maupun dalam hal jenis gerbang yang dilibatkan.

Minimalisasi rangkaian logika dapat dilakukan dengan bantuan aljabar Boole dan peta Karnaugh. Pada praktikum ini Anda akan melakukan minimalisasi suatu rangkaian logika yang cukup kompleks menjadi rangkaian logika yang lebih sederhana. Tabel kebenaran keduanya dibandingkan untuk memperoleh informasi tentang kesamaan wataknya.

B. TUJUAN

Melalui praktikum ini diharapkan Anda memiliki kemampuan:

1. merancang rangkaian logika dengan jumlah gerbang minimum
2. merancang rangkaian logika dengan satu jenis gerbang saja

C. ALAT DAN BAHAN

Alat dan bahan pada praktikum ini terdiri atas:

1. IC TTL OR (7432), AND (7408), NOR (7402 atau 7428), dan NAND (7400) masing-masing 1 buah
2. DIP *Switch* Triple 1 buah
3. Indikator LED 1 buah
4. Catu daya +5V, *breadboard* dan kabel-kabel penghubung

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Tuliskan ekspresi hukum-hukum aljabar Boole yang mencakup hukum-hukum dasar untuk OR, AND, dan NOT, hukum-hukum asosiatif, komutatif, distributif, absorbtif dan de Morgan!
2. Jelaskan pengertian *sum of product*, *standard sum of product*, *product of sum*, *standard product of sum*, *minterm*, dan *maxterm*! Berikan pula contoh-contohnya!
3. Perhatikan persamaan logika berikut ini:

$$Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC + B\overline{C}$$

- a. Gambarkan rangkaian dan susun tabel kebenaran dari persamaan logika tersebut!
 - b. Lakukan minimalisasi menggunakan aljabar Boole dan Peta Karnaugh! Apakah menghasilkan persamaan logika yang sama?
 - c. Gambarkan rangkaian dan susun tabel kebenaran dari persamaan hasil minimalisasi tersebut! Apakah tabel kebenarannya sama dengan rangkaian sebelum diminimalisasikan?
 - d. Ubah persamaan hasil minimalisasi ke dalam bentuk NAND saja! Susun rangkaian dan tabel kebenarannya! Apakah tabel kebenarannya sama dengan rangkaian sebelum diminimalisasikan?
 - e. Ubah persamaan hasil minimalisasi ke dalam bentuk NOR saja! Susun rangkaian dan tabel kebenarannya! Apakah tabel kebenarannya sama dengan rangkaian sebelum diminimalisasikan?
4. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk:
 - a. merancang rangkaian $Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC + B\overline{C}$ dengan jumlah gerbang minimum
 - b. merancang rangkaian $Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC + B\overline{C}$ dengan satu jenis gerbang saja yakni NAND saja dan NOR saja

E. PROSEDUR

1. Merancang rangkaian dengan jumlah gerbang minimum
 - a. Lakukan minimalisasi persamaan $Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC + \overline{B}\overline{C}$
 - b. Susun rangkaian yang telah diminimalisasi di atas papan *breadboard*
 - c. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan
 - d. Pasang saklar logika pada input rangkaian dan indikator LED pada output rangkaian
 - e. Melalui saklar logika, berikan kombinasi nilai logika yang mungkin pada input rangkaian dan amati outputnya
 - f. Catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan
2. Merancang rangkaian dengan satu jenis gerbang saja
 - a. Ubah hasil minimalisasi $Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC + \overline{B}\overline{C}$ ke dalam bentuk NAND
 - b. Susun rangkaian dalam bentuk NAND tersebut di atas papan *breadboard*
 - c. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan
 - d. Pasang saklar logika pada input rangkaian dan indikator LED pada output rangkaian
 - e. Melalui saklar logika, berikan kombinasi nilai logika yang mungkin pada input rangkaian dan amati outputnya
 - f. Catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan
 - g. Ulangi langkah-langkah di atas untuk rangkaian dalam bentuk NOR
3. Sebelum mengakhiri praktik, tunjukkan data-data hasil pengamatan anda kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan.

F. TUGAS LAPORAN

Buatlah tugas laporan praktik dengan sistematika: (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan.

Latar belakang berisi uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan. Bagian tujuan, alat dan bahan diuraikan sesuai dengan uraian pada panduan ini. Uraian tentang prosedur percobaan diambil dari tugas

pendahuluan dan pengalaman anda dalam melaksanakan percobaan. Analisis data berisi perhitungan sesuai tujuan praktik, dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.

Diskusi merupakan pembahasan terhadap hasil analisis data dan kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil diskusi. Dalam percobaan ini diskusi diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Apakah anda telah berhasil melakukan minimalisasi rangkaian logika? Berapa jenis minimalisasi yang anda lakukan? Seberapa besar peranan gerbang NOR dan NAND dalam proses perancangan rangkaian logika?
2. Berdasarkan percobaan yang telah Anda lakukan, seberapa penting prosedur minimalisasi rangkaian itu dilakukan dalam proses perancangan rangkaian logika? Kemukakan alasan-alasannya?

PERCOBAAN III

KOMPARATOR DAN PENJUMLAH BINER

A. DESKRIPSI

Rangkaian komparator atau pembanding biner adalah salah satu rangkaian logika kombinasi, yakni rangkaian logika yang keluarannya suatu saat tidak tergantung pada nilai keluaran saat yang lalu. Komparator biner berfungsi membandingkan dua data biner pada inputnya.

Terdapat 2 jenis rangkaian komparator 1-bit yakni *non-equality comparator* dan *equality comparator*. *Non-equality comparator* merupakan rangkaian logika yang memberikan keadaan output tinggi (logika 1) jika keadaan input-inputnya berbeda, dan *equality comparator* akan memberikan keadaan output tinggi jika keadaan input-inputnya sama. Kecuali dapat diperoleh dengan cara membangun menggunakan gerbang logika dasar, *non-equality comparator* juga dapat diperoleh dalam bentuk gerbang exclusive-OR (EX-OR) dan *equality comparator* dalam bentuk gerbang exclusive-NOR (EX-NOR), keduanya tersedia dalam bentuk IC. Pada percobaan ini Anda akan menyelidiki watak komparator 1-bit yang disusun dengan menggunakan gerbang logika dasar maupun komparator dalam bentuk IC TTL.

Selain komparator, jenis rangkaian logika kombinasi lainnya adalah penjumlah biner (*binary adder*). Rangkaian penjumlah biner merupakan penerapan dari rangkaian komparator biner. Rangkaian ini sangat penting peranannya di dalam bidang komputer digital, karena operasi-operasi aritmatika yang lebih kompleks seperti perkalian hakekatnya merupakan penjumlahan yang diulang-ulang sehingga memerlukan rangkaian penjumlah dan pembagian adalah pengurangan yang diulang-ulang sehingga memerlukan rangkaian pengurang.

Pada percobaan ini Anda akan menyelidiki watak penjumlah biner jenis *half adder*, dan *full adder*, yang dibangun dari gerbang logika dasar. Anda akan menyelidiki pula watak *parallel full adder* yang merupakan landasan pembangunan rangkaian *arithmetic logic unit* pada komputer digital.

B. TUJUAN

Melalui percobaan ini diharapkan anda dapat:

1. Menentukan watak rangkaian *non-equality comparator* dan *equality comparator*.
2. Menentukan watak *half adder* dan *full adder* 1-bit.
3. Merancang dan menentukan watak *parallel full adder* 4-bit.

C. ALAT DAN BAHAN

Alat dan bahan pada praktikum ini terdiri atas:

1. IC TTL NOT (7404), AND (7408), OR (7432), dan EX-OR (7486) masing-masing satu buah serta modul *full-adder* 1-bit empat buah.
2. *DIP switch* tunggal, ganda, dan *triple* masing-masing 1 buah
3. Indikator LED 2 buah
4. *Keypad* heksadesimal 2 buah dan peraga heksadesimal 1 buah
5. Catu daya 5 volt, *bread board* 2 buah, dan kabel penghubung.

D. TUGAS PENDAHULUAN

Komparator Biner:

1. Sebutkan jenis-jenis komparator biner dan definisi serta tabel kebenarannya!
2. Dari tabel kebenaran yang telah disusun, tuliskan ekspresi Boole dari komparator-komparator tersebut dan gambarkan simbol serta rangkaiannya!
3. Sebutkan nomor seri IC TTL EX-OR dan EX-NOR, serta gambarkan identifikasi pin IC TTL tersebut (lihat *data sheet IC*)!
4. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk:
 - a. Menentukan watak rangkaian *non-equality comparator*
 - b. Menentukan watak rangkaian *equality comparator*

Penjumlah Biner:

1. Gambarkan rangkaian *half adder* yang dibangun dari gerbang EX-OR dan AND! Tuliskan tabel kebenarannya!
2. Susun tabel kebenaran *full adder*, turunkan ekspresi Boole fungsi *sum* (S) dan lakukan minimalisasi terhadap fungsi *next carry* (Cn) dari rangkaian *full adder*

tersebut! Dari fungsi S dan C_n yang diperoleh, gambarkan rangkaian *full adder* tersebut dengan fungsi S diimplementasikan dengan XOR!

3. Gambarkan rangkaian parallel full adder 4-bit! Berikan contoh operasi penjumlahan yang dilakukan oleh *parallel full adder* 4-bit jika Augend (A)=1011, Addend (B)= 1001, dan carry input (C_i)=1.
4. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk:
 - a. Menentukan watak rangkaian half-adder 1-bit
 - b. Menentukan watak rangkaian full-adder 1 bit
 - c. Merancang dan menentukan watak rangkaian *parallel full adder* 4-bit

E. PROSEDUR

1. Menentukan watak rangkaian *non-equality comparator* dan *equality comparator*
 - a. Susun rangkaian *non-equality comparator* dalam bentuk *sum of product* (SOP) dan bentuk XOR di atas papan *breadboard*
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan
 - c. Pasang saklar logika pada input rangkaian dan indikator LED pada output rangkaian
 - d. Melalui saklar logika, berikan kombinasi nilai logika yang mungkin pada input rangkaian dan amati outputnya
 - e. Catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan
 - f. Lakukan langkah-langkah yang sama seperti di atas untuk rangkaian *equality comparator* dalam bentuk *sum of product* (SOP) dan XNOR
2. Menentukan watak rangkaian *half-adder* 1-bit dan *full-adder* 1-bit
 - a. Susun rangkaian *half-adder* dengan XOR untuk *sum* dan AND untuk *carry* di atas papan *breadboard*
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan
 - c. Pasang saklar logika pada input rangkaian dan indikator LED pada output rangkaian
 - d. Melalui saklar logika, berikan kombinasi nilai logika yang mungkin pada input rangkaian dan amati outputnya

- e. Catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan
 - f. Lakukan langkah-langkah yang sama seperti di atas untuk rangkaian *full-adder*
3. Merancang dan menentukan watak rangkaian *parallel full adder* 4-bit
 - a. Susun rangkaian *parallel full adder* 4-bit yang terdiri atas 4 buah rangkaian *full adder* 1-bit
 - b. Pasang *keypad* heksadesimal pada input *augend* (A) dan *addend* (B) serta peraga heksadesimal pada output *sum*.
 - c. Pasang indikator LED pada output *carry* (Cn).
 - d. Melalui *keypad* berikan input angka pada *augend* (A) dan *addend* (B), amati dan catat output *sum* dan *carry* ke dalam tabel pengamatan.
 - e. Lakukan langkah di atas untuk berbagai input *augend* (A) dan *addend* (B) dan akhiri praktik dengan memberikan nilai A=F, nilai B=1, serta Ci=0.
 4. Sebelum mengakhiri praktik, tunjukkan data-data hasil pengamatan anda kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan.

F. TUGAS LAPORAN

Buatlah tugas laporan praktik dengan sistematika: (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan.

Latar belakang berisi uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan. Bagian tujuan, alat dan bahan diuraikan sesuai dengan uraian pada panduan ini. Uraian tentang prosedur percobaan diambil dari tugas pendahuluan dan pengalaman anda dalam melaksanakan percobaan. Analisis data berisi perhitungan sesuai tujuan praktik, dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.

Diskusi merupakan pembahasan terhadap hasil analisis data dan kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil diskusi. Dalam percobaan ini diskusi diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Apakah secara eksperimen, tabel kebenaran *non-equality comparator* menggunakan SOP sama dengan XOR? Jadi, rangkaian *non-equality*

comparator dapat diwujudkan dalam bentuk apa saja? Lebih efisien manakah implementasi *non-equality comparator* menggunakan SOP dan XOR?

2. Apakah secara eksperimen, tabel kebenaran *equality comparator* menggunakan SOP sama dengan XNOR? Jadi, rangkaian *equality comparator* dapat diwujudkan dalam bentuk apa saja? Lebih efisien manakah implementasi *equality comparator* menggunakan SOP dan XNOR?
3. Apakah output *non-equality comparator* (XOR) membentuk fungsi detektor jumlah ganjil? Mengapa rangkaian output *sum* (S) pada *half adder* maupun *full adder* menggunakan fungsi XOR?
4. Dilihat dari tabel kebenarannya, apa perbedaan antara *half adder* dan *full-adder*?
5. Berdasarkan pengamatan terhadap hasil penjumlahan yang dilakukan oleh *full adder* paralel 4-bit, berapa hasil tertinggi yang dapat ditampilkan dalam heksadesimal? Apa artinya?

PERCOBAAN IV

MULTIPLEKSER DAN DEMULTIPLEKSER

A. DESKRIPSI

Multiplexer (sering disebut dengan MUX saja yang merupakan singkatan dari istilah aslinya yakni *multiplexer*) dan demultiplexer (biasanya disebut dengan DEMUX saja yakni singkatan dari istilah aslinya *demultiplexer*) termasuk rangkaian logika kombinasi. Multiplexer merupakan suatu rangkaian yang berfungsi memilih salah satu dari beberapa sinyal masukan untuk disalurkan melalui keluarannya dengan bantuan sinyal kendali. Pada dasarnya multiplexer bertugas seperti saklar pemilih sehingga disebut juga sebagai pemilih data (*data selector*). Sedangkan demultiplexer adalah kebalikan dari multiplexer, rangkaian ini berfungsi menyalurkan suatu sinyal masukan ke salah satu dari beberapa saluran keluarannya, sehingga disebut pula sebagai penyalur data (*data distributor*).

Melalui percobaan ini Anda akan menyelidiki cara kerja multiplexer dan demultiplexer sederhana yang dibangun dengan menggunakan gerbang logika dasar.

B. TUJUAN

1. Menentukan watak multiplexer 4 ke 1 yang dibangun dari gerbang logika dasar.
2. Menentukan watak multiplexer 3-bit, 2 ke 1, yang dibangun dari gerbang logika dasar.
3. Menentukan watak demultiplexer 1 ke 4 yang dibangun dari gerbang logika dasar.

C. ALAT DAN BAHAN

Alat dan bahan yang diperlukan dalam praktikum ini adalah:

1. IC TTL OR 2-input (7432), NOT (7404) masing-masing 1 buah, AND 3-input (7411) dan AND 2-input (7408) masing-masing dua buah.

2. DIP *switch*: tunggal, ganda, *triple* dan *quad* masing-masing 1 buah, *keypad* heksadesimal dua buah.
3. Indikator LED 4 buah, peraga heksadesimal sebuah.
4. Catu daya +5 V, breadboard dua buah dan kabel penghubung

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan pengertian multiplekser dan demultiplekser!
2. Apa arti multiplekser 16 ke 1, multiplekser 3-bit, 4 ke 1, dan demultiplekser 1 ke 4?
3. Gambarkan multiplekser 8 ke 1! Tuliskan ekspresi Boole keluarannya dan jelaskan cara kerjanya!
4. Gambarkan multiplekser 3-bit, 2 ke 1! Tuliskan ekspresi Boole keluarannya dan jelaskan cara kerjanya!
5. Gambarkan demultiplekser 1 ke 4! Tuliskan ekspresi Boole pada keluarannya, dan jelaskan cara kerjanya!
6. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk:
 - a. Menentukan watak multiplekser 4 ke 1
 - b. Menentukan watak multiplekser 2 ke 1 untuk data 3-bit
 - c. Menentukan watak demultiplekser 1 ke 4

E. PROSEDUR

1. Susun rangkaian multiplekser 4 ke 1 menggunakan gerbang logika dasar di atas papan *breadboard*.
2. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan.
3. Pasang saklar logika pada input rangkaian dan indikator LED pada output rangkaian.
4. Berikan nilai input logika dan amati output rangkaian serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
5. Lakukan prosedur tersebut untuk rangkaian multiplekser 3-bit, 2 ke 1 dan rangkaian demultiplekser 1 ke 4.

6. Sebelum mengakhiri praktik, tunjukkan data-data hasil pengamatan anda kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan.

F. TUGAS LAPORAN

Buatlah tugas laporan praktik dengan sistematika: (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan.

Latar belakang berisi uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan. Bagian tujuan, alat dan bahan diuraikan sesuai dengan uraian pada panduan ini. Uraian tentang prosedur percobaan diambil dari tugas pendahuluan dan pengalaman anda dalam melaksanakan percobaan. Analisis data berisi perhitungan sesuai tujuan praktik, dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.

Diskusi merupakan pembahasan terhadap hasil analisis data dan kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil diskusi. Dalam percobaan ini diskusi diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengamatan pada watak multiplekser 4 ke 1, bagaimana pengaruh sinyal kendali atau sinyal pemilih terhadap keluaran multiplekser? Jadi, apa fungsi rangkaian multiplekser?
2. Pada multiplekser 3-bit, 2 ke 1, tunjukkan bahwa sinyal kendali S berfungsi sebagai pemilih input yang akan disalurkan ke output rangkaian!
3. Berdasarkan tabel pengamatan pada karakteristik demultiplekser, bagaimana pengaruh sinyal pemilih terhadap keluaran demultiplekser? Jadi, apa fungsi rangkaian demultiplekser?

PERCOBAAN V

ENKODER DAN DEKODER

A. DESKRIPSI

Dalam suatu sistem digital, informasi atau data disajikan dalam bentuk kode biner. Untuk mengkode suatu informasi, misalnya dalam bentuk angka desimal menjadi kode biner dilakukan dengan piranti enkoder, sedangkan untuk mengenal kembali arti kode tersebut, digunakan rangkaian logika yang disebut dekoder.

Salah satu jenis sistem kode yang digunakan dalam sistem digital adalah sistem desimal dikode biner (*binary-coded decimal*) atau disingkat BCD. Dalam sistem kode ini, masing-masing digit angka desimal diganti dengan suatu kombinasi 4-bit biner. Salah satu dari jenis kode BCD adalah desimal dikode biner asli atau BCD 8421. Dalam sistem BCD 8421 ini angka 3 desimal akan dikode sebagai 0011, sedangkan angka 264 desimal akan dikode sebagai 0010 0110 0100. Untuk mengkode angka desimal tersebut menjadi kode BCD 8421 digunakan enkoder desimal ke BCD, sedangkan untuk menemukan kembali atau menafsirkan kode-kode tersebut dalam bentuk desimal, diperlukan dekoder BCD ke desimal. Pada percobaan ini Anda akan menyelidiki watak enkoder desimal ke BCD, dan dekoder BCD ke desimal.

B. TUJUAN

Melalui percobaan ini diharapkan Anda dapat:

1. Merancang dan menentukan watak enkoder desimal ke BCD
2. Merancang dan menentukan watak dekoder BCD ke desimal

C. ALAT DAN BAHAN

1. IC TTL OR-2-input (7432) 3 buah, AND-4 input (7421) 5 buah, dan NOT (7404) 1 buah
2. DIP *switch*: tunggal 2 buah dan *quad* 4 buah dan indikator LED 14 buah
3. Sumber tegangan 5 volt, *breadboard* 4 buah dan kabel penghubung

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan pengertian enkoder dalam sistem digital!
2. Ubahlah bilangan desimal 5, 18, dan 379 ke dalam kode BCD 8421!
3. Gambarkan simbol dan susunlah tabel kebenaran dari enkoder desimal ke BCD untuk
 - a. Jenis input dan outputnya ACTIVE-HIGH!
 - b. Jenis input dan outputnya ACTIVE-LOW!
4. Tulislah ekspresi Boole dari setiap keluaran enkoder pada soal nomor 3 untuk jenis input dan outputnya ACTIVE-HIGH!
5. Berdasarkan ekspresi Boole yang diperoleh pada soal nomor 4, susunlah rangkaian enkoder desimal ke BCD!
6. Jelaskan pengertian dekoder!
7. Ubahlah kode BCD 8421: 1001, 0110 0100 0010, 0011 0101 ke dalam angka desimal!
8. Gambarkan simbol dan susunlah tabel kebenaran dekoder BCD ke desimal untuk jenis outputnya ACTIVE-HIGH maupun ACTIVE-LOW!
9. Tulislah ekspresi Boole dari setiap keluaran dekoder BCD ke desimal untuk outputnya ACTIVE-HIGH!
10. Berdasarkan ekspresi Boole yang diperoleh pada jawaban soal nomor 9, susunlah rangkaian dekoder BCD ke desimal!
11. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk:
 - a. Menentukan watak watak enkoder desimal ke BCD
 - b. Menentukan watak dekoder BCD ke desimal

E. PROSEDUR

1. Susun rangkaian enkoder desimal ke BCD menggunakan gerbang logika dasar di atas papan *breadboard*.
2. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan.

3. Pasang saklar logika pada input rangkaian dan indikator LED pada output rangkaian.
4. Berikan nilai input logika dan amati output rangkaian serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
5. Lakukan prosedur tersebut untuk rangkaian dekoder BCD ke desimal.
6. Sebelum mengakhiri praktik, tunjukkan data-data hasil pengamatan anda kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan.

F. TUGAS LAPORAN

Buatlah tugas laporan praktik dengan sistematika: (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan.

Latar belakang berisi uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan. Bagian tujuan, alat dan bahan diuraikan sesuai dengan uraian pada panduan ini. Uraian tentang prosedur percobaan diambil dari tugas pendahuluan dan pengalaman anda dalam melaksanakan percobaan. Analisis data berisi perhitungan sesuai tujuan praktik, dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.

Diskusi merupakan pembahasan terhadap hasil analisis data dan kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil diskusi. Dalam percobaan ini diskusi diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Bandingkan tabel kebenaran eksperimen enkoder desimal ke BCD dengan tabel kebenaran teoritiknya! Apakah rangkaian enkoder anda telah bekerja dengan baik? Jadi, apa fungsi enkoder?
2. Berdasarkan tabel kebenarannya, kemukakan alasan mengapa enkoder tersebut termasuk jenis ACTIVE-HIGH!
3. Apa arti ACTIVE-LOW dan ACTIVE-HIGH dari suatu saluran input atau output rangkaian logika?
4. Bandingkan tabel kebenaran eksperimen dekoder BCD ke desimal dengan tabel kebenaran teoritiknya! Apakah rangkaian dekoder anda telah bekerja dengan baik? Jadi, apa fungsi dekoder?

PERCOBAAN VI FLIP-FLOP

A. DESKRIPSI

Flip-flop merupakan elemen rangkaian logika sekuensial, yakni rangkaian yang keluarannya tergantung pada keluaran sebelumnya. Karena sifat-sifatnya, flip-flop disebut juga pengingat (memory) 1-bit. Sekumpulan flip-flop dapat membentuk sel pengingat beberapa bit. Flip-flop memegang peranan yang sangat penting di dalam perancangan rangkaian logika sekuensial. Dari flip-flop dapat dibangun rangkaian register yang merupakan pengingat dengan banyak bit, dan rangkaian pencacah (counter). Rangkaian-rangkaian tersebut merupakan dasar bagi perancangan perangkat keras komputer.

Pada percobaan ini Anda akan menyelidiki watak berbagai macam flip-flop yakni jenis flip-flop Set-Reset (FFSR), flip-flop JK (FFJK), flip-flop D (FFD), dan flip-flop T (FFT). Anda juga akan menyelidiki watak rangkaian *toggle* sebagai elemen pencacah, yang dibangun dari FFJK, FFD dan FFT.

B. TUJUAN

Melalui percobaan ini diharapkan Anda dapat:

1. Menentukan watak FFSR, FFJK, FFD dan FFT
2. Merancang dan menentukan watak rangkaian *toggle* menggunakan FFJK, FFD dan FFT

C. ALAT DAN BAHAN

1. IC TTL AND (7408), NOR (7428), NAND (7400), FFJK (7473) dan FFD (7474) masing-masing sebuah
2. DIP *switch*: tunggal dan ganda masing-masing 2 buah dan pembangkit *clock*
3. Indikator LED 2 buah
4. Sumber tegangan 5 volt, *breadboard* dan kabel penghubung

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Berikan pengertian flip-flop! Sebutkan jenis-jenisnya dan gambarkan simbolnya!

2. Susun tabel keadaan FFSR dan jelaskan cara kerjanya!
3. Gambarkan rangkaian dan simbol FFJK! Susun pula tabel kebenarannya!
4. Gambarkan rangkaian dan simbol FFD serta tuliskan tabel kebenarannya!
5. Gambarkan rangkaian dan simbol FFT serta susun tabel keadaannya!
6. Apa yang dimaksud dengan keadaan *toggle* dan susunlah rangkaian menggunakan FFJK, FFD, dan FFT untuk menampilkan keadaan *toggle*!
7. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk:
 - a. Menentukan watak FFSR, FFJK, FFD dan FFT
 - b. Menentukan watak rangkaian *toggle* menggunakan FFJK, FFD dan FFT

E. PROSEDUR

1. Menentukan watak FFSR
 - a. Susun rangkaian FFSR menggunakan gerbang NOR di atas papan *breadboard*.
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang saklar logika pada input S dan R dan indikator LED pada output Q dan \bar{Q} .
 - d. Berikan berbagai kombinasi nilai logika yang mungkin pada input S dan R, dan amati output rangkaian Q dan \bar{Q} serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
2. Menentukan watak FFSR *clocked*
 - a. Susun rangkaian FFSR *clocked* menggunakan gerbang NOR dan AND di atas papan *breadboard*.
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang saklar logika pada input S, R, dan *clock* serta indikator LED pada output Q dan \bar{Q} .
 - d. Berikan berbagai kombinasi nilai logika yang mungkin pada input S dan R, dan amati output rangkaian Q dan \bar{Q} setiap saat sinyal *clock* diberikan serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.

3. Menentukan watak FFJK
 - a. Susun rangkaian FFJK menggunakan IC TTL 7473 di atas papan *breadboard*.
 - b. Pasang catu daya pada *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang saklar logika pada input J, K, dan *clock* serta indikator LED pada output Q dan \bar{Q} . Berikan nilai logika 1 pada input *clear*.
 - d. Berikan berbagai kombinasi nilai logika yang mungkin pada input J dan K, dan amati output rangkaian Q dan \bar{Q} setiap saat sinyal *clock* diberikan serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
4. Menentukan watak FFD
 - a. Susun rangkaian FFD menggunakan IC TTL 7474 di atas papan *breadboard*.
 - b. Pasang catu daya pada *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang saklar logika pada input D dan *clock* serta indikator LED pada output Q dan \bar{Q} . Berikan nilai logika 1 pada input *clear* dan *preset*.
 - d. Berikan berbagai kombinasi nilai logika yang mungkin pada input D, dan amati output rangkaian Q dan \bar{Q} setiap saat sinyal *clock* diberikan serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
5. Menentukan watak FFT
 - a. Susun rangkaian FFT menggunakan IC TTL 7473 di atas papan *breadboard*.
 - b. Pasang catu daya pada *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang saklar logika pada input T dan *clock* serta indikator LED pada output Q dan \bar{Q} . Berikan nilai logika 1 pada input *clear*.
 - d. Berikan berbagai kombinasi nilai logika 0 dan 1 pada input T, dan amati output rangkaian Q dan \bar{Q} setiap saat sinyal *clock* diberikan serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
6. Merancang dan menentukan watak rangkaian *toggle*
 - a. Susun rangkaian *toggle* menggunakan FFT dan FFD
 - b. Pasang catu daya pada *chip* yang digunakan.

- c. Pasang saklar logika pada input dan *clock* serta indikator LED pada output Q dan \bar{Q} . Berikan nilai logika 1 pada input *clear* dan *preset*.
 - d. Berikan kombinasi nilai logika 0 dan 1 pada input T, dan amati output rangkaian Q dan \bar{Q} setiap saat sinyal *clock* diberikan serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
7. Sebelum mengakhiri praktik, tunjukkan data-data hasil pengamatan anda kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan.

F. TUGAS LAPORAN

Buatlah tugas laporan praktik dengan sistematika: (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan.

Latar belakang berisi uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan. Bagian tujuan, alat dan bahan diuraikan sesuai dengan uraian pada panduan ini. Uraian tentang prosedur percobaan diambil dari tugas pendahuluan dan pengalaman anda dalam melaksanakan percobaan. Analisis data berisi perhitungan sesuai tujuan praktik, dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.

Diskusi merupakan pembahasan terhadap hasil analisis data dan kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil diskusi. Dalam percobaan ini diskusi diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Berdasarkan tabel keadaannya, apa syarat keadaan SET dan RESET pada FFSR?
2. Pada kondisi input S dan R seperti apa FFSR dalam keadaan terlarang? Apa maksud keadaan terlarang tersebut?
3. Apa perbedaan antara FFSR dan FSSR *clocked*? Apa fungsi sinyal *clock* pada FFSR *clocked*?
4. Atas dasar tabel keadaannya, tunjukkan persamaan dan perbedaan antara FFSR dengan FFJK!
5. Dari tabel keadaan FFD, tunjukkan bahwa tabel keadaan tersebut merupakan bentuk khusus dari tabel keadaan FFSR!
6. Tunjukkan pula bahwa tabel keadaan FFT merupakan keadaan khusus dari tabel keadaan FFJK!
7. Berdasarkan tabel kebenarannya, tunjukkan bahwa FFJK, FFD, dan FFT dapat digunakan untuk menampilkan keadaan *toggle*!

PERCOBAAN VII PENCACAH

A. DESKRIPSI

Pencacah (*counter*) merupakan salah satu rangkaian logika sekuensial, dan dibangun dengan menggunakan beberapa flip-flop. Sebuah flip-flop mempunyai 2 keadaan yakni keadaan 0 (RESET) dan keadaan 1 (SET), sehingga sederetan n buah flip-flop mempunyai 2^n keadaan yang berbeda. Di dalam penggunaannya sebagai pencacah pulsa, setiap satu keadaan dari 2^n keadaan, digunakan untuk menyatakan jumlah pulsa yang masuk pencacah. Dengan demikian hubungan antara flip-flop yang satu dengan yang lain sedemikian rupa sehingga keadaannya akan berubah secara berurutan setiap kali ada pulsa masuk.

Pencacah terdiri atas *asynchronous counter* (pencacah tak sinkron) dan *synchronous counter* (pencacah sinkron). Melalui percobaan ini Anda akan merancang dan menyelidiki watak pencacah khususnya jenis asinkron.

B. TUJUAN

Melalui percobaan ini diharapkan Anda dapat:

1. Merancang dan menentukan watak rangkaian pencacah menggunakan FFJK dan FFD.
2. Merancang dan menentukan watak rangkaian pencacah menggunakan IC TTL 74393.

C. ALAT DAN BAHAN

1. IC TTL 7473 (FFJK), 7474 (FFD) masing-masing 2 buah, dan 74393 (Binary Counter), 7408 (AND) masing-masing 1 buah
2. Pembangkit *clock* 1 buah, indikator LED 5 buah dan peraga heksadesimal 1 buah
3. Sumber tegangan +5 volt, bread board dan kabel penghubung

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Kemukakan definisi *asynchronous counter* (pencacah tak sinkron) dan *synchronous counter* (pencacah sinkron)!
2. Apa yang dimaksud dengan pencacah modulo-16, modulo-12, dan modulo-6!
3. Susun tabel keadaan pencacah modulo-16, modulo-12, dan modulo-6!
4. Atas dasar tabel keadaannya, rancanglah pencacah tak sinkron modulo-16, menggunakan (a) flip-flop JK, (b) flip-flop T, dan (b) flip-flop D!
5. Rancang pencacah tak sinkron modulo-12 dan modulo-6 menggunakan FFJK!
6. Gambarkan *pinout* IC 74393!
7. Susunlah rangkaian pencacah modulo-16, modulo-12, dan modulo-6 dengan IC 74393!
8. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk:
 - a. merancang dan menentukan watak rangkaian pencacah modulo-16 menggunakan FFJK dan FFD.
 - b. Merancang dan menentukan watak rangkaian pencacah modulo-16, modulo-12, dan modulo-6 menggunakan IC TTL 74393.

E. PROSEDUR

1. Merancang dan menentukan watak rangkaian pencacah modulo-16 menggunakan FFJK dan FFD
 - a. Susun rangkaian pencacah modulo-16 menggunakan FFJK
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang generator *clock* pada input, indikator LED dan peraga heksadesimal pada output pencacah.
 - e. Berikan sinyal *clock* pada inputnya, dan amati output rangkaian pencacah pada indikator LED maupun peraga heksadesimal serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
 - f. Lakukan prosedur yang sama untuk pencacah modulo-16 dengan FFD.
2. Merancang dan menentukan watak rangkaian pencacah modulo-16, modulo-12, dan modulo-6 menggunakan IC TTL 74393

- a. Susun rangkaian pencacah modulo-16 menggunakan IC 74393 di atas papan *breadboard*.
 - b. Pasang catu daya pada *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang generator *clock* pada input, indikator LED dan peraga heksadesimal pada output pencacah.
 - d. Berikan sinyal *clock* pada inputnya, dan amati output rangkaian pencacah pada indikator LED maupun peraga heksadesimal serta catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
 - e. Lakukan prosedur yang sama untuk pencacah modulo-12 dan modulo-6 menggunakan IC 74393.
3. Sebelum mengakhiri praktik, tunjukkan data-data hasil pengamatan anda kepada instruktur untuk memperoleh persetujuan.

F. TUGAS LAPORAN

Buatlah tugas laporan praktik dengan sistematika: (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan.

Latar belakang berisi uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan. Bagian tujuan, alat dan bahan diuraikan sesuai dengan uraian pada panduan ini. Uraian tentang prosedur percobaan diambil dari tugas pendahuluan dan pengalaman anda dalam melaksanakan percobaan. Analisis data berisi perhitungan sesuai tujuan praktik, dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.

Diskusi merupakan pembahasan terhadap hasil analisis data dan kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil diskusi. Dalam percobaan ini diskusi diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Berdasarkan percobaan, apakah untuk pencacah modulo-16 menggunakan FFJK, FFD dan IC 74393 memberikan tabel keadaan yang sama? Jadi, pencacah dapat diimplementasikan menggunakan elemen memori dan IC apa saja? Cara ,ana yang lebih efisien?

2. Pada pencacah modulo-16 menggunakan FFJK (IC 7473) dan FFD (IC 7474), mengapa CLEAR dan PRESET dihubungkan ke +Vcc?
3. Pada percobaan pencacah tak sinkron modulo-6 maupun modulo-12 menggunakan IC 74393, apakah telah memberikan tabel kebenaran yang sesuai dengan tujuan perancangan? Kemukakan alasan-alasannya!
4. Mengapa pada pencacah modulo-16 menggunakan IC 74393, input CLEAR dihubungkan dengan GROUND atau logika 0?
5. Apa fungsi gerbang gerbang AND pada rangkaian pencacah tak sinkron modulo-6 maupun modulo-12? Untuk melakukan CLEAR, mengapa digunakan gerbang AND? Kapan digunakan gerbang NAND?

PERCOBAAN VIII REGISTER

A. DESKRIPSI

Register merupakan memori n-bit. Jika sebuah flip-flop dapat digunakan untuk menyimpan data 1 bit, maka sederetan dari n flip-flop dapat digunakan untuk menyimpan data n-bit. Ada dua cara untuk memasukkan atau mengeluarkan data ke atau dari suatu register, yakni serial dan paralel. Pada cara serial, data dimasukkan atau dikeluarkan bit demi bit berganti-ganti lewat satu saluran, sedangkan pada cara paralel, n-bit dimasukkan atau dikeluarkan secara bersamaan lewat n saluran. Berdasarkan mekanisme pemasukan dan pengeluaran data tersebut, terdapat 4 macam register yakni *serial in-serial out* (SISO), *serial in-parallel out* (SIPO), *parallel in-parallel out* (PIPO), dan *parallel in-serial out* (PISO). Dalam keempat jenis register tersebut, terdapat jenis register geser kanan (*right shift register*) dan register geser kiri (*left shift register*).

Pada percobaan ini Anda akan mempelajari cara kerja dan watak beberapa jenis register khususnya SIPO dan PIPO.

B. TUJUAN

Tujuan percobaan ini adalah:

1. Merancang register *parallel in-parallel out* (PIPO) dan register geser *serial in-parallel out* (SIPO)
2. Menentukan watak register PIPO dan SIPO

D. ALAT DAN BAHAN

1. IC TTL 7474 (FFD) 2 buah, dan 74164 (*shift register* 8-bit) 1 buah
2. DIP switch: *triple* dan *quad* masing-masing 1 buah
3. Indikator LED 4 buah
4. Sumber tegangan 5 volt, *breadboard* dan kabel penghubung

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan pengertian register!
2. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis register!
3. Susun rangkaian register PIPO 4-bit menggunakan flip-flop D!
4. Susun rangkaian register geser 4-bit menggunakan flip-flop D!
5. Susun rangkaian register geser 4-bit menggunakan IC 74164!
6. Jelaskan cara kerja register-register tersebut dalam menyimpan data 1011!
7. Dengan menggunakan *timing diagram*, jelaskan perbedaan penyimpanan data secara serial dan paralel!
8. Berdasarkan tujuan praktikum yang ingin dicapai dan alat serta bahan yang disediakan, susun prosedur, rangkaian dan tabel-tabel pengamatan percobaan yang diperlukan untuk merancang dan menentukan watak rangkaian register PIPO 4-bit dan SIPO (*shift register*) 4-bit.

E. PROSEDUR

1. Merancang dan menentukan watak rangkaian register PIPO 4-bit menggunakan flip-flop D (IC 7474)
 - a. Susun rangkaian register PIPO 4-bit menggunakan flip-flop D (IC 7474) di atas papan *breadboard*.
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang saklar logika pada input *clock*, *clear* dan data ($D_3D_2D_1D_0$).
 - d. Pasang indikator LED pada output register (DCBA).
 - e. Pasang data paralel pada inputnya ($D_3D_2D_1D_0$) dan berikan sinyal *clock* untuk menyimpan data tersebut ke dalam register. Amati output register dan catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
 - f. Bersihkan output register dengan memberi sinyal CLEAR. Amati output register dan catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
 - g. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk data input yang lain!

2. Merancang dan menentukan watak rangkaian register SIPO 4-bit menggunakan flip-flop D (IC 7474)
 - a. Susun rangkaian register SIPO 4-bit menggunakan flip-flop D (IC 7474) di atas papan *breadboard*.
 - b. Pasang catu daya pada semua *chip* yang digunakan.
 - c. Pasang saklar logika pada input *clock*, *clear* dan data serial.
 - d. Pasang indikator LED pada output register (DCBA).
 - e. Pasang data serial misalnya 1011 pada inputnya dan berikan sinyal *clock* untuk menyimpan data tersebut ke dalam register. Amati output register dan catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
 - f. Bersihkan output register dengan memberi sinyal CLEAR. Amati output register dan catat hasilnya ke dalam tabel pengamatan.
 - g. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk data input yang lain!
 - h. Lakukan pula langkah-langkah yang sama seperti di atas untuk SIPO 4-bit menggunakan IC 74164!

F. TUGAS LAPORAN

Buatlah tugas laporan praktik dengan sistematika: (1) latar belakang, (2) tujuan, (3) alat dan bahan, (4) prosedur percobaan, (5) analisis data, (6) diskusi, dan (7) kesimpulan.

Latar belakang berisi uraian tentang alasan-alasan perlunya topik praktik itu dilaksanakan. Bagian tujuan, alat dan bahan diuraikan sesuai dengan uraian pada panduan ini. Uraian tentang prosedur percobaan diambil dari tugas pendahuluan dan pengalaman anda dalam melaksanakan percobaan. Analisis data berisi perhitungan sesuai tujuan praktik, dan penyajian data yang diperoleh melalui percobaan baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif.

Diskusi merupakan pembahasan terhadap hasil analisis data dan kesimpulan merupakan rangkuman dari hasil diskusi. Dalam percobaan ini diskusi diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Berdasarkan tabel keadaan yang diperoleh, tunjukkan bahwa register PIPO yang anda rancang telah dapat menyimpan data biner 4-bit secara paralel!
2. Apa fungsi CLEAR dan CLOCK pada register?
3. Apakah register SIPO 4-bit menggunakan FFD menghasilkan tabel keadaan yang sama dengan register SIPO 4-bit menggunakan IC 74164 untuk input yang sama? Jadi, register dapat diperoleh dalam bentuk apa saja? Lebih mudah dan efisien yang mana dari bentuk-bentuk itu?
4. Tunjukkan bahwa register SIPO yang anda rancang telah dapat menyimpan data biner 4-bit secara serial!
5. Jelaskan perbedaan yang mendasar antara PIPO 4-bit dengan SIPO 4-bit! Lengkapi jawaban Anda dengan *timing diagram* kedua register tersebut dalam menyimpan data!

Lampiran 1.

Cara Membuat Tabel Pengamatan

Tabel pengamatan merupakan tabel yang dibuat untuk memasukkan data-data hasil pengamatan/percobaan. Dalam praktik teknik digital ini, semua tabel pengamatan sesungguhnya merupakan tabel kebenaran yang pada bagian outputnya masih kosong dari data. Berikut ini adalah contoh tabel pengamatan untuk dua jenis percobaan.

1. Contoh tabel pengamatan untuk menentukan watak gerbang logika dasar:

INPUT		OUTPUT				
A	B	OR	AND	NOT A	NOR	NAND
0	0	...	....	....	....	....
0	1	...	....	....	....	....
1	0	....	....	....	....	....
1	1	....	....	....	....	....

2. Contoh tabel kebenaran untuk menentukan watak dekoder BCD ke Desimal

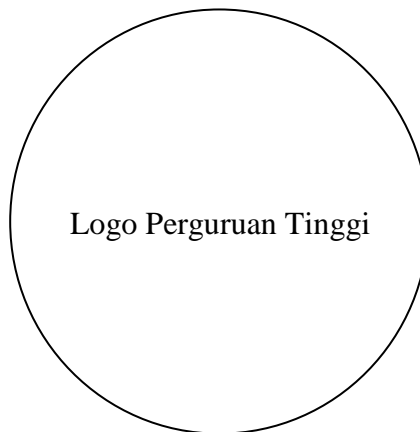
INPUT				OUTPUT									
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0										
0	0	0	1										
0	0	1	0										
0	0	1	1										
0	1	0	0										
0	1	0	1										
0	1	1	0										
0	1	1	1										
1	0	0	0										
1	0	0	1										

Lampiran 2.

Contoh halaman sampul laporan praktikum:

**LAPORAN PRAKTIK
TEKNIK DIGITAL**

**PERCOBAAN VIII
REGISTER**



**oleh:
Ahmad Sholeh
12324007**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
<NAMA FAKULTAS>
<NAMA UNIVERSITAS>
<NAMA KOTA>
<TAHUN>**

Lampiran 3.

A. Rujukan Tugas Pendahuluan I

Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	25 s.d.28 dan 32 s.d. 34
2	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	25, 26, 28, 32 dan 33
3	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	26 s.d. 28 dan 32, 33
4	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	25, 27, 28, 33 dan 34
5	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	36 dan 37
6	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	26 s.d.28 dan 33 s.d. 34
7.a.	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	26 s.d.28 dan 33 s.d. 34
7.b.	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	36 s.d. 37

B. Rujukan Tugas Pendahuluan II

Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1	Bab III: Gerbang Logika Dasar dan Aljabar Boole	35 dan 36
2	Bab IV: Rangkaian Logika Kombinasi	42 s.d. 44
3.a. 3.c.	Bab IV: Rangkaian Logika Kombinasi	29 s.d. 31
3.b.	Bab IV: Rangkaian Logika Kombinasi	46 s.d. 55
3.d.	Bab IV: Rangkaian Logika Kombinasi	57 s.d. 59
3.e.	Bab IV: Rangkaian Logika Kombinasi	58
4.a.	Bab IV: Rangkaian Logika Kombinasi	49
4.b.	Bab IV: Rangkaian Logika Kombinasi	57 s.d. 59

Lanjutan lampiran 3:

C. Rujukan Tugas Pendahuluan III

Komparator:

Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	65 dan 68
2	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	65, 66, 68, dan 70
3	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	70
4.a.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	65, 67
4.b.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	68 s.d. 70

Adder:

Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	71, 72
2	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	73
3	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	74, 75
4.a.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	71 dan 72
4.b.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	73
4.c.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	75

Lanjutan lampiran 3:**D. Rujukan Tugas Pendahuluan IV**

Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1 dan 2	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	76 dan 80
3	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	78
4	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	100
5	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	82, 83
6.a.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	77, 78
6.b.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	100
6.c.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	81, 82

E. Rujukan Tugas Pendahuluan V

Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	84
2	Bab II: Sistem Bilangan dan Sistem Kode	17 dan 18
3,4,5	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	85 s.d. 89
6	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	89 dan 90
7	Bab II: Sistem Bilangan dan Sistem Kode	17 dan 18
8, 9, 10	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	93 dan 94
11.a.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	89
11.b.	Bab V: Logika Kombinasi Dalam Kemasan IC	94

Lanjutan lampiran 3:

F. Rujukan Tugas Pendahuluan VI

:Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1	Bab VI: Rangkaian Logika Sekuensi	104, 107, 109, 110, 113, 115, dan 116
2	Bab VI: Rangkaian Logika Sekuensi	105
3	Bab VI: Rangkaian Logika Sekuensi	110
4	Bab VI: Rangkaian Logika Sekuensi	113
5	Bab VI: Rangkaian Logika Sekuensi	116
6	Bab VI: Rangkaian Logika Sekuensi	117 dan 118
7.a.	Bab VI: Rangkaian Logika Sekuensi	105, 110, 113, dan 116
7.b.	Bab VI: Rangkaian Logika Sekuensi	117, dan 118

G. Rujukan Tugas Pendahuluan VII

Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1	Bab VII: Pencacah dan Register	136
2	Bab VII: Pencacah dan Register	136
3	Bab VII: Pencacah dan Register	139, 140, 145
4	Bab VII: Pencacah dan Register	137
5	Bab VII: Pencacah dan Register	139 s.d. 141
6, 7	Bab VII: Pencacah dan Register	175
8.a.	Bab VII: Pencacah dan Register	137
8.b.	Bab VII: Pencacah dan Register	175

Lanjutan lampiran 3:

H. Tugas Pendahuluan VIII

Nomor Tugas	Bab Rujukan Pada Buku Ajar	Halaman Rujukan
1	Bab VII: Pencacah dan Register	151
2	Bab VII: Pencacah dan Register	151 s.d. 155
3	Bab VII: Pencacah dan Register	151
4	Bab VII: Pencacah dan Register	152
5	Bab VII: Pencacah dan Register	175
6	Bab VII: Pencacah dan Register	153
7	Bab VII: Pencacah dan Register	151, 153
8.a.	Bab VII: Pencacah dan Register	151
8.b.	Bab VII: Pencacah dan Register	152